

Volker Wittpahl (Herausgeber)

iit-Themenband

RESILIENZ

Leben | Räume | Technik

OPEN ACCESS



iit-Themenband

Resilienz

Volker Wittpahl • Herausgeber

iit-Themenband

Resilienz

Leben – Räume – Technik

Springer Vieweg

Herausgeber
Prof. Dr. Volker Wittpahl
Institut für Innovation und Technik (iit)
in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH
Berlin, Deutschland



ISBN 978-3-662-66056-0 ISBN 978-3-662-66057-7 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-66057-7

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Springer Vieweg

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.
Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Eigentlich läuft doch alles gut. Oder?

Volker Wittpahl

Der Begriff Resilienz taucht vermehrt in Diskursen und Debatten auf, egal ob es sich um Aspekte der Natur und des Lebens, der Gesellschaft und Wirtschaft oder Wissenschaft und Technik handelt. Während ursprünglich das Wort ein Zurückspringen in einen stabilen Ausgangszustand beschrieb, so wird heute mit dem Begriff vor allem Sicherheit und Robustheit assoziiert.

Menschen, gerade in diesem Land, mögen keine grundlegenden Veränderungen – was auch erklären dürfte, warum viele Menschen mit dem Begriff Resilienz in erster Linie Sicherheit verbinden. Es verwundert kaum, dass der Begriff Resilienz nicht nur inflationär, sondern inhaltlich auch völlig unterschiedlich genutzt wird. Viele Menschen in Deutschland sehnen sich nach Stabilität und Kontinuität. Veränderungen, egal welcher Natur, verunsichern die Bevölkerung schnell und führen immer wieder zu irrationalem Verhalten. Dies konnte man stark in der jüngeren Vergangenheit feststellen, befeuert durch die Corona-Pandemie oder den im Februar 2022 ausgebrochenen Krieg in der Ukraine.

Jetzt schon zeichnet sich ab, dass radikale Veränderungen und Umbrüche unser Leben im 21. Jahrhundert prägen werden. Dabei sind die Corona-Pandemie und der Ukraine Krieg nur die Vorboten. Einfache Überlegungen verdeutlichen, dass es in den nächsten Jahren zu radikalen Veränderungen kommen wird, ja sogar kommen muss. So werden in Deutschland beispielsweise aufgrund des demographischen Wandels in den nächsten Jahren mehrere Millionen Arbeitskräfte in den Ruhestand gehen, die sich nicht (wie bisher) durch den jüngeren Teil der Gesellschaft im Land ersetzen lassen. Hierdurch ist nicht nur die Wirtschaftskraft durch einen Arbeits- und Fachkräftemangel bedroht, sondern auch die Sicherung der Altersbezüge für alle Ruheständler wie man sie heute als Rentenbezüge kennt. Ein „Weiter so wie bisher!“ – egal mit welchen Maßnahmen notwendige Veränderungen herausgeschoben und verzögert werden – wird unsere Gesellschaft und die Wirtschaft schädigen.

Auch im Alltag wird es Klima bedingt in den nächsten Jahren zu Veränderungen kommen. So gehen Forscher:innen davon aus, dass gegen Ende des Jahrhunderts in Berlin ein Klima herrschen wird wie heute in Toulouse und in München wie heute in Mailand (Reimer et al. 2021: 140). Dabei liegt die Annahme zugrunde, dass bis zum

Jahr 2050 eine, bezogen auf das vorindustrielle Zeitalter, globale Erwärmung von 1,5 °C erreicht wird. Aktuelle Prognosen gehen sogar davon aus, dass eine globale Erwärmung um 1,5 °C schon vor 2030 erreicht sein wird (WMO 2022). Für das urbane Leben benötigen wir daher eine resiliente Stadtentwicklung. Diese müsste sich in Mitteleuropa bereits heute an urbanen Lösungen orientieren, wie sie weiter südlich schon etabliert sind. Damit die einhergehenden strukturellen Veränderungen aber für mehrere Jahrzehnte Bestand haben, ist es ratsamer, sich an Lösungen zu orientieren, die noch weiter Richtung Süden anzutreffen sind. Resiliente urbane Planungen sollten sich also statt an Toulouse klimatisch eher an Marrakesch orientieren. Die Ursache für die scheinbare Bewegung des Klimas in den Städten Richtung Äquator liegt in der Verschiebung der Klimazonen mit einer Geschwindigkeit von umgerechnet 4,5 Meter pro Tag Richtung Pole (Chen et al. 2011). Bei der Verschiebung von Milieus und Lebensräumen mit dieser Geschwindigkeit sind wiederum viele Tiere und Pflanzen nicht in der Lage mit zu wandern, wodurch Nahrungsketten unterbrochen werden, was ein Artensterben begünstigt.

Was ist also zu tun? Es gilt Lösungen zu finden, die für möglichst alle involvierten Akteur:innen funktionieren oder einen Mehrwert bringen bzw. Schaden begrenzen. Das schnelle Finden und Etablieren von Lösungen, die neue und stabile Zustände für unsere verschiedenen Systeme ermöglichen, ist die Kerneigenschaft von Resilienz im 21. Jahrhundert. Bisher hatte dieser Aspekt der Resilienz im allgemeinen Sprachgebrauch einen anderen Namen: Innovation. Sie ist, neben der Robustheit, die andere Seite der Resilienz, denn erfolgreiche Innovationen führen zu radikalen (Verhaltens-)Änderungen und etablieren neue (System-)Zustände.

Die Frage lautet also: Für welche Bereiche werden wir innovative bzw. resiliente Lösungen finden müssen, die wie Innovationen zu radikalen Veränderungen führen können, von deren Einführung aber alle profitieren werden?

Eigentlich läuft doch alles gut. Warum soll man dann jetzt über radikale System- und Verhaltensänderungen nachdenken? Weil es vorhersehbar ist, dass aktuell und im zunehmenden Maße sich die Rahmenbedingungen in unseren Systemen massiv ändern werden. Das McKinsey Global Institute hat dies im Jahr 2020 auf den Punkt gebracht: „Entscheidungen auf Basis von Erfahrungen sind nicht mehr verlässlich.“ (zit. nach Reimer et al. 2021: 316).

Das Institut für Innovation und Technik (iit) lädt mit dem Themenband ein, sich auf die rhetorischen Fragen einzulassen, um sich selbst für resiliente Lösungen zu sensibilisieren – und für die anstehenden Veränderungen zu wappnen. Dies geschieht in der Hoffnung, dass möglichst viele Leser:innen durch die Reflexion eine intrinsische Resilienz aufbauen, die in der Summe dazu führt, gestärkt als Gesellschaft die potentiellen Krisen zukünftiger Veränderungen zu meistern.

Bedanken möchte ich mich ganz herzlich bei Lorenz Hornbostel für die redaktionelle Begleitung des neuen Themenbands.

Wir wünschen Ihnen eine spannende Lektüre und freuen uns auf den Austausch mit Ihnen.

Prof. Dr. Volker Wittpahl
Leiter des Instituts für Innovation und Technik (iit)

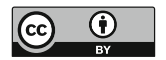
Berlin im August 2022

Literatur

Chen, I-Ching; Hill, Jane K.; Ohlemüller, Ralf; Roy, David B.; Thomas, Chris D. (2011): Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming; https://doi.org/10.1126/science.1206432.

Reimer, Nick; Staud, Toralf (2021): Deutschland 2050. Wie der Klimawandel unser Leben verändern wird. KiWi-Paperback, ISBN 978-3-462-00068-9.

World Meteorological Organization (WMO) (2022): WMO update: 50:50 chance of global temperature temporarily reaching 1.5 °C threshold in next five years, 09. Mai 2022. Online unter: https://public.wmo.int/en/media/press-release/wmo-update-5050-chance-of-global-temperature-temporarily-reaching-15%C2%B0c-threshold, zuletzt geprüft am 04.08.2022.



Inhaltsverzeichnis

1 Resilienz: Zur Einordnung eines allgegenwärtigen Begriffs

Andrea Kölbel, Melanie Erckrath

Das gesellschaftliche Bewusstsein für Gefährdungen und Krisen ist angesichts großer sozialer Herausforderungen im beginnenden 21. Jahrhundert, die sich häufig zu „Dauerkrisen" oder „creeping crises" (Boin et al. 2021) entwickeln, zunehmend geschärft. Trotz aller Bemühungen Gefährdungen vorzubeugen, wird deutlich, dass Prävention und Vorsorge Krisen und ihre Folgen nicht ausschließen oder umfänglich abwenden können. Neben Begriffen wie Risiko und Krise hat vor allem der Resilienzbegriff in diesem Zusammenhang im wissenschaftlichen wie öffentlichen Diskurs enorm an Bedeutung gewonnen (Endreß und Maurer 2015; Folke 2006; Karidi et al. 2018; Vogt und Schneider 2016). Und dies nicht von ungefähr, denn Resilienz bietet einen konzeptionellen Zugang, um den Umgang mit Bedrohungen, Unsicherheiten und Störungen zu untersuchen und zu verstehen. Daraus ergeben sich auch Anschlusspunkte zu verwandten Konzepten wie nachhaltige Entwicklung, zukunftsorientierte Transformationen und Innovationen sowie Verwirklichungschancen / „Capabilities" (Christmann et al. 2011; Atteneder et al. 2017; Sen 1999).

Auffallend ist, dass der Resilienzbegriff in durchaus unterschiedlichen Disziplinen und Kontexten verwendet wird: von der Ökologie und der Klimafolgenforschung über die Material- und Ingenieurwissenschaften bis hin zu psychologischen, medienwissenschaftlichen und sozialkulturellen Debatten (Karidi et al. 2018; Vogt und Schneider 2016). Je nach fachlich-thematischer Fokussierung wird Resilienz dabei durchaus unterschiedlich verwendet und verstanden.

Für ein besseres Begriffsverständnis können zunächst drei Traditionslinien der Resilienzforschung abgegrenzt und herangezogen werden, die mit jeweils unterschiedlichen Konnotationen einhergehen und sich kurz etwa so umreißen lassen (Bonß 2015; Christmann et al. 2011; Rungius und Weller 2016):

- Das psychologische Verständnis fußt auf einer Langzeitstudie zu Entwicklungsmöglichkeiten von Kindern in den 1950er Jahren und beschreibt Resilienz als „Widerstandsfähigkeit gegenüber negativen Ausgangsbedingungen" (Bonß 2015). Hierbei wird auf das Individuum abgehoben.
- Im ökologischen Diskurs wird Resilienz als Fähigkeit eines Ökosystems verstanden, Störungen zu absorbieren und sich zu wandeln, während gleichzeitig die zentralen Funktionen und Strukturen erhalten bleiben (Holling 1973; Walker et al. 2004). Anhand dieser Begriffsdefinition wird deutlich, dass Widerstandsfähigkeit



V. Wittphal, *Resilienz*, https://doi.org/10.1007/978-3-662-66057-7_1

nicht nur als Erhalt beziehungsweise Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes zu verstehen ist, sondern auch die Anpassung an sich wandelnde Bedingungen inkludiert und das System auf diese Weise erneuert wird.

- Seitens der Sozialwissenschaften wurde zuletzt die konstruktivistische Dimension von Resilienz betont. Demzufolge sind gesellschaftliche Systeme – wie das Gesundheitssystem, Sicherheitssysteme oder demokratische Strukturen – nicht nur durch ‚natürliche' Faktoren oder aufgrund von technischen Schwierigkeiten anfällig (u. a. Christmann et al. 2011; Rungius und Weller 2016). Vielmehr werden sozial-ökonomische und normative Aspekte explizit beleuchtet, durch die soziale Systeme in unterschiedlichem Maße als gefährdet oder angreifbar wahrgenommen werden. Dabei spielt die eigene Position im relationalen Gefüge zum Beispiel bedingt durch soziale Privilegien oder finanzielle Mittel genauso eine Rolle wie ein gesellschaftlicher Konsens darüber, welche Systeme und Funktionen wünschenswert sind und überdauern sollen.

Resilienz wird in diesen drei identifizierten Entwicklungslinien gleichermaßen als eine Fähigkeit verstanden, die veränderbar ist und im Wechselspiel zwischen äußeren Gefahren und Reaktionskapazitäten ihre Ausprägung findet, aber im Grunde nicht beliebig herstellbar ist (Bonß 2015; Christmann et al. 2011). Somit lässt sich Resilienz gegenüber anderen Konzepten der Prävention oder der Vorsorge abgrenzen: Während Prävention darauf abzielt, Gefährdungen oder bedrohliche Veränderungen durch vorsorgliches Handeln und vorbeugende Maßnahmen abzuwenden, geht der Resilienzdiskurs davon aus, dass negative Einflüsse oder Schocks immer auftreten und nicht verhindert werden können. Umso mehr gilt es, die Resilienz eines Systems zu stärken, um in der Krise handlungsfähig zu bleiben. Resilienz bezieht sich damit nicht auf den Schock, die Krise oder die Katastrophe, sondern vielmehr auf Strategien, mit unvermeidbaren Störungen und deren sozialen Folgen umzugehen.

Damit lassen sich drei Dimensionen von Resilienz festhalten (Hollick et al. 2019; Chandler und Coaffee 2017):

- Erstens Absorbieren (Englisch: absorption): die Widerstandfähigkeit eines Systems gegenüber bestimmten eingetretenen Schocks oder schleichenden Veränderungen,
- zweitens Wiederaufbauen (Englisch: recovering oder bouncing back): die Kapazität, den Ausgangszustand relativ rasch wiederherzustellen, und
- drittens Adaptieren bzw. Transformieren (Englisch: bouncing forward): die Fähigkeit eines Systems, zu lernen und an sich verändernde Bedingungen anzupassen.

Dieses Verständnis von Resilienz begegnet einem wichtigen Kritikpunkt, der insbesondere in der sozialwissenschaftlichen Literatur häufig aufgeworfen wird (u. a. Steinhilber 2016). Von seiner begrifflichen Herkunft her suggeriert Resilienz eine

strukturkonservative Ausrichtung: Das lateinische Wort „resilire" bedeutet wörtlich „zurückspringen", „abprallen" bzw. „in den ursprünglichen Zustand zurückkehren" (siehe auch Vogt und Schneider 2016). Anhand der drei angeführten Dimensionen, die aus konzeptioneller Sicht zunächst einmal ebenbürtig sind, wird deutlich, dass Resilienz eine große Spannbreite an Reaktionen und Strategien im Umgang mit Unsicherheiten und Störungen bereithält – teils abzielend auf den Erhalt, teils auf Veränderungen. Dieses augenscheinliche Spannungsfeld kann durch Innovation aufgelöst werden. Innovation verbindet Bekanntes und Bewährtes zu etwas Neuartigem, sie baut auf Vorhandenem auf und festigt die Resilienz von Systemen. Weit ausgelegt, profitieren alle Resilienzdimensionen von Innovationen. Sie sind ein Instrument, um auf Herausforderungen zu reagieren und das System zu erhalten – es nach einem Schock wiederherzustellen oder weiterzuentwickeln.

Dabei stellt sich jedoch die Frage, welche Governance-Formen dazu geeignet sind, die Resilienz von Systemen zu stärken und welche Anpassungs- und Bewältigungsstrategien identifiziert werden können. Diese Frage zieht sich als roter Faden durch die Beiträge in diesem Themenband. In der einschlägigen Literatur hingegen finden Governance-Aspekte, also das Management von Resilienz, bislang wenig Berücksichtigung (Christmann et al. 2011). Doch gerade angesichts der zunehmenden Komplexität und gegenseitigen Abhängigkeiten von Systemen gewinnt das Thema Governance an Bedeutung. Dabei geht es um ein koordiniertes Handeln über verschiedene Entscheidungsebenen hinweg und um die Mobilisierung von Verbündeten mit unterschiedlichen Kompetenzen (Janssen und Ostrom 2006). Unterschiedliche Interessenlagen, Machtverhältnisse sowie mögliche Konflikte sollten dabei nicht außer Acht geraten. In diesem Zusammenhang weisen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Leibniz-Forschungsverbundes „Krisen in einer globalisierten Welt" daraufhin, dass „Lernprozesse sowie das Zusammenspiel zwischen alltäglichen und institutionellen Bewältigungsstrategien, den „coping strategies", ein besonderes Augenmerk verdienen (Christmann et al. 2011:6).

Es ist vor allem Folke (2006), der vorschlägt, Resilienz nicht als einen Zustand, sondern als fortwährenden Prozess zu betrachten: „Resilienz ist ein dynamisches Konzept, bei dem es darum geht, wie man im Wandel bestehen kann […], wie man sich im Wandel weiterentwickeln kann"[1] (Folke 2016 o.S., eigene Übersetzung). So verstanden, steht bei Resilienz nicht die Frage nach einer stabilen Ordnung im Mittelpunkt. Stattdessen wird der Blick auf Potenziale und Ressourcen zur Problembewältigung gelenkt, sodass jede Krise, Unsicherheit oder Umbruch zugleich als Chance für einen Innovationsschub betrachtet werden kann (siehe auch Vogt und Schneider 2016; Hirschmann et al. 2020).

[1] *„Resilience is a dynamic concept focusing on how to persist with change […], how to evolve with change" (Folke 2016 o.S.)*

Dieses Verständnis von Resilienz fordert dazu auf, Anpassungs-, Lern- und Innovationsprozesse stärker in den Blick zu nehmen. Dies gilt besonders dann, wenn ein System in herausfordernder Situation diese nicht nur aushält (also absorbiert) und den Status quo erhält (bouncing back), sondern sich weiterentwickelt (bouncing forward). Die Anpassungsfähigkeit beziehungsweise das Wandlungsvermögen (adaptability oder auch adaptation) ist zentral für Resilienz. Ein System ist dann resilient, wenn die handelnden Personen auf veränderte Bedingungen und Störungen reagieren können, indem sie Erfahrungen und Wissen neu kombinieren, innovative Lösungen entwickeln und Lehren aus der Bewältigung des Problems ziehen (Folke 2006). Selbst wenn angesichts einer Herausforderung ein eingeschlagener Entwicklungspfad nicht länger haltbar ist, kann so eine neue Richtung entlang eines alternativen Entwicklungspfads genommen werden. Diese Transformation ist gekennzeichnet durch Diskontinuitäten und Brüche. Resilienz ist somit ein „latenter (bezogen auf seine Wirkung in einer spezifischen Krise) […] nicht klar steuerbarer, durch Unsicherheit wie erst noch zu gewinnendes Wissen gekennzeichneter Prozess" (Endreß und Rampp 2015:38).

Anwendungen des Resilienzbegriffs

Resilienz wird in Wissenschaft, Wirtschaft und Politik intensiv diskutiert, und zunehmend setzt sich auch eine größere Öffentlichkeit mit dem Begriff auseinander. Für nahezu jeden Bereich unseres alltäglichen Lebens wird mehr Resilienz eingefordert – sei es in Bezug auf unser sozial-ökologisches Umfeld, die Digitalisierung, das Wirtschaftssystem oder den gesellschaftlichen Zusammenhalt. Zugleich wird in dieser Debatte deutlich, dass in unterschiedlichen Kontexten der Resilienzbegriff unterschiedlich interpretiert wird. Um Gemeinsamkeiten und Unterschiede in der Anwendung auszuloten, sollen im Folgenden einige zentrale Diskussionsstränge aufgegriffen und erläutert werden.

Resilienz von Ökosystemen

Der heutige Diskurs um Resilienz nimmt häufig ökologische Systeme zum Ausgangspunkt. Holling führte in den 1970er Jahren das Resilienzkonzept in Abgrenzung zu einem Stabilitätsverständnis ein, demzufolge Systeme nach temporären Störungen in einen Gleichgewichtszustand zurückkehren (Holling 1973:17). Resiliente Systeme zeichnet im Unterschied dazu aus, dass sie sich an veränderte Umweltbedingungen anpassen, während sie ihre zentralen Funktionen und Strukturen sowie ihre Interaktionen im Gesamtsystem erhalten (Holling 1973:17). Mit Blick auf den Klimawandel und dessen Folgen haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Stockholm Resilience Centre sowie des Potsdamer Instituts für Klimafolgenforschung dieses Resilienzverständnis um eine evolutionäre, adaptive Perspektive erweitert (Rockström et al. 2009; Randers et al. 2019). Darin liegt der Fokus weniger auf dem

Erhalt des Status quo, sondern vielmehr auf der Dynamik, Unsicherheit und Nicht-Linearität von Entwicklungen in komplexen Systemen. Resilienz beschreibt in diesem Kontext die „Fähigkeit eines Systems, sich Veränderungen anzupassen ohne kritische Schwellen (Kipppunkte; Englisch: tipping points) zu überschreiten" (Vogt und Schneider 2016:184). Definiert werden diese Schwellen über kritische Parameter beziehungsweise planetare Belastbarkeitsgrenzen. Das sind etwa der CO_2-Gehalt in der Atmosphäre oder Bodenerosionswerte, deren Überschreiten zu einer Instabilität und einer qualitativen Veränderung des Gesamtsystems führen würde. Schwellenwerte kennzeichnen somit die Grenzen des Handlungsspielraums, in dem Veränderungen des Systems und Anpassungen an Umweltbedingungen – durchaus auch der sozialen Umwelt – möglich sind, ohne dass die kritischen Kipppunkte erreicht werden. Damit ist die Resilienz von sozial-ökologischen Systemen prinzipiell gestaltbar und orientiert sich an der normativen Prämisse des Erhalts einer Entwicklung innerhalb der planetarischen Grenzen.

Digitale Resilienz

Im Zuge der Verbreitung digitaler Technologien und Verfahren der Künstlichen Intelligenz in nahezu allen Bereiche des gesellschaftlichen Lebens wird der Resilienzdiskurs auch im Zusammenhang mit Chancen und Risiken der Digitalisierung aufgegriffen. Was genau „digitale Resilienz" bedeutet und welche Ebene angesprochen wird, die des Individuums oder der Organisation, bleibt dabei häufig noch unklar. Diskussionsthemen sind unter anderem Fragen nach der Sicherheit und Widerstandsfähigkeit komplexer IT-Systeme oder die Anpassungsfähigkeit von Institutionen im Hinblick auf die digitale Transformation (Atteneder et al. 2017:51).

Auf der individuellen Ebene werden die Möglichkeiten vernetzter Informations- und Kommunikationstechnologien erörtert. Die Frage ist, wie das Individuum sich in diese neuen Netzwerke integriert, in diesen handlungsfähig wird und bleibt und wie diese digitalen Kontexte durch politische oder gesellschaftliche Prozesse zu regulieren sind. Hintergrund hierfür ist eine sich durchsetzende „Datafication" als Grundlage dafür, dass sich künftig Systeme künstlicher Intelligenz, das Internet der Dinge oder von Algorithmen gesteuerte Netzwerkeffekte weiter verbreiten (Steinmaurer 2019:32). Der Einfluss von Social Bots, Falschmeldungen (Fake News) und Hassrede (Hatespeech) provoziert die Auseinandersetzung um eine „digital resiliente Gesellschaft", die in der Lage ist, mit der Gefährdung demokratischer Kommunikationsprozesse umzugehen (Steinmaurer 2019:36).

Ökonomische Resilienz

In einer globalisierten Welt, die wirtschaftlich eng und komplex vernetzt ist, sind Krisen nicht zu verhindern. Vielmehr gilt es, gerade in Krisenzeiten die Funktionalität des ökonomischen Systems zu erhalten. Die Anpassungsfähigkeit, die für resiliente

Ökosysteme diskutiert wird, zeichnet auch resiliente ökonomische Systeme aus: Sie verarbeiten Schockerfahrungen und gehen verändert aus der Krise hervor. Einschnitte wie die Covid-19-Pandemie und deren Folgen für Lieferketten und internationale Märkte zeigen sehr deutlich, wie anfällig die globalisierten Märkte für Störungen sind und wie vieldimensional sich Schockmomente in vernetzten Systemen ausbreiten und unvorhersehbare Wechselwirkungen hervorrufen. Brinkmann et al. (2017:13) beziehen sich mit ihrer Begriffsbestimmung von ökonomischer Resilienz sowohl auf die gesamte Volkswirtschaft als auch einzelne Akteure und zeigen die Abhängigkeit der Bewertung ökonomischer Resilienz von gesellschaftlich festzulegenden Kriterien und Zielen auf: „Ökonomische Resilienz ist die Fähigkeit einer Volkswirtschaft, vorbereitende Maßnahmen zur Krisenbewältigung zu ergreifen, unmittelbare Krisenfolgen abzumildern und sich an veränderte Rahmenbedingungen anzupassen. Der Resilienz-Grad wird dadurch bestimmt, inwieweit das Handeln und Zusammenspiel von Politik, Wirtschaft und Gesellschaft die Performance der Volkswirtschaft gemäß Bewertung durch die gesellschaftliche Zielfunktion auch nach einer Krise sicherstellen kann."

Da nun Wachstum und Innovation dem Wirtschaftssystem immanent sind, ist Resilienz auch in diesem Kontext adaptiv und auf Systemanpassung und weniger auf das Wiederherstellen eines vorherigen Normalzustands ausgerichtet (Brinkmann et al. 2017:13). In gewisser Weise steht Resilienz allerdings in Opposition zu Kernkonzepten ökonomischen Handelns. Zum Beispiel scheint sie dem Gebot der Effizienz zu widersprechen, da sie mit dem Vorhalten von Reserven und Spielräumen (Vogt und Schneider 2016; Renn 2014) in Verbindung gebracht wird. Andererseits ist die Verringerung der Vulnerabilität eines Systems durchaus auch aus Effizienzgesichtspunkten erstrebenswert, und die augenscheinliche Widersprüchlichkeit von Effizienz und Resilienz auf diese Weise auflösbar (Vogt und Schneider 2016:186).

Gemeinschaftsresilienz

Die Diskussion um resiliente Gesellschaften findet angesichts einer zunehmenden Komplexität und Mehrdimensionalität der Lebensbezüge in modernen Gesellschaften statt. Es geht um die Entwicklung von Strategien zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit angesichts so heterogener Herausforderungen wie gesellschaftlichen Transformationsprozessen, dem Umgang mit Naturkatastrophen oder dem demographischen Wandel. Zur Schaffung resilienter Gemeinschaften bedarf es einerseits der Verbesserung der Handlungsfähigkeit des Einzelnen und anderseits systemischer Steuerungsprozesse (Weltgesundheitsorganisation 2013). Besonderes Augenmerk muss dabei den sozialen Determinanten geschenkt werden, also den Bedingungen, unter denen Menschen leben und die ihren Lebensweg beeinflussen können.

Gesellschaftliche Resilienz betont somit das Eingebettetsein des Individuums in die Gemeinschaft und den Zusammenhang zwischen der Resilienz des Einzelnen und der

der Gemeinschaft (Wadenpohl 2016; Christmann et al. 2011). Besonders deutlich wird der Zusammenhang zwischen sozialer Ungleichheit, Vulnerabilität und Resilienz. Soziale Vulnerabilität tritt dann auf, „wenn eine ungleiche Risikoexposition mit einem ungleichen Zugang zu Ressourcen gekoppelt ist" (Morrow 2008:4, eigene Übersetzung), wobei zum Beispiel der ökonomische Status, die Zugehörigkeit zu einer Minderheit oder geringes soziales Kapital zu den Risikofaktoren gehören. Ressourcen können entsprechend wirtschaftlicher Art sein, sie können aber auch sozialer Art sein und Familie, Netzwerke oder politische Einflussmöglichkeiten umfassen. Gemeinschaftsresilienz kann als Konzept verstanden werden, mit dem sozialer Vulnerabilität begegnet wird. Sie kann allerdings nicht erreicht werden, wenn es ein großes Ungleichgewicht in der Verteilung von Ressourcen wie Arbeitsplatzsicherheit gibt, wirtschaftliches Wachstum nur einigen wenigen zugutekommt und Kosten für die Umwelt und Gesamtgesellschaft externalisiert werden (Morrow 2008:4).

Strategien zur Stärkung von Resilienz

Die Stärkung der Resilienz eines Systems setzt an der Vorbereitung auf unbekannte Probleme an (Vogt und Schneider 2016:190). Wie dieses erreicht werden kann, spiegelt sich auch in den Beiträgen dieses Sammelbands. Zentrale Prinzipien und Strategien zur Förderung von Resilienz in komplexen sozial-ökologischen Systemen legen beispielsweise Biggs et al. (2012; 2015b) auf der Grundlage eines umfassenden Literatur- und Forschungsreviews vor. Sie identifizieren sieben Prinzipien, die auf verschiedene Weise miteinander interagieren und die Resilienz von Systemen stärken und stützen können (Schlüter et al. 2015; Biggs et al. 2015b). Quinlan et al. (2016) strukturieren diese strategischen Handlungsweisen anhand der Frage, ob sie eher auf die Struktur eines Systems – etwa deren Organisation oder deren Prozesse – abzielen oder auf die Dynamik der Interaktionen innerhalb des Systems. Eine zweite Dimension bildet ab, ob ein System aus analytischer Perspektive an sich resilient ist, bzw. welche Management und Governance-Strategien Resilienz fördern (s. Abb. 1.1).

Strategien, die die Resilienz eines Systems stärken wollen, setzen immer auch auf die Sicherung von Diversität und funktionaler Redundanzen. Entscheidend ist dabei, dass entsprechende Maßnahmen und Strukturen an den zu analysierenden generellen Anforderungen eines Systems ausgerichtet werden, um nicht zu kurz zu treten – damit sie also nicht nur im konkreten Bedarfsfall widerstandsfähig sind, sondern dauerhaft reaktionsbereit und anpassungsfähig sein können. Koordiniertes Handeln im Krisenfall setzt zudem voraus, dass die handelnden Personen durch ihre Netzwerkverbindungen schnellen Zugang zu verschiedenen Partnern haben und sich deren Expertise einholen können. Und um die Strukturen von Systemen resilient aufzustellen, ist zudem darauf zu achten, dass alle relevanten Personen oder Organisationen teilhaben und die Anschlussfähigkeit an andere Erkenntnis- und Entscheidungsprozesse gegeben ist.

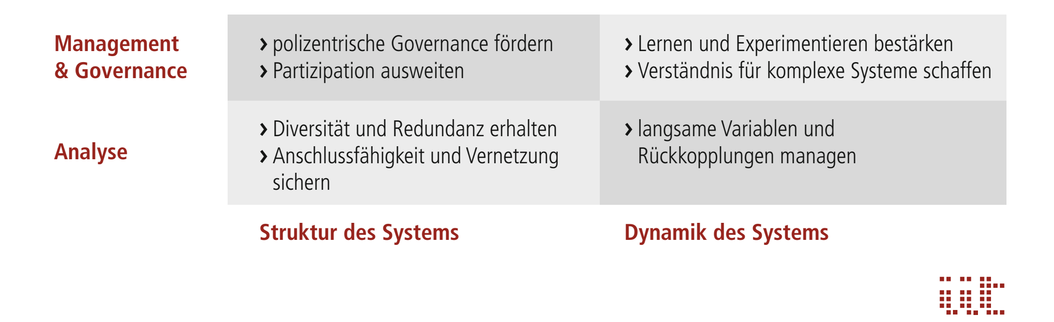


Abb. 1.1 Strategien für mehr Resilienz (Quelle: Abb. in Anlehnung an Quinlan et al. (2016: 684), eigene Übersetzung und eigene Darstellung)

Gerade in einem Mehrebenensystem gilt es, Interaktionen über verschiedene Ebenen und Zuständigkeitsbereiche hinweg einzuüben, um Vertrauen in die jeweiligen Netzwerke zu stärken (Biggs et al. 2015a:21; Folke 2016). Um aus einer Krisensituation gestärkt hervorzugehen, müssen zudem Lernprozesse befördert und Experimentierräume geschaffen werden. Dabei geht es nicht nur darum, im Bedarfsfall schnell kreative und vielfältige Antworten zu finden und mit verschiedenen Lösungsansätzen zu experimentieren, sondern auch darum, die Wirkweise von Maßnahmen zur Bewältigung der Herausforderung und deren mittel- und langfristigen Folgen zu reflektieren. Damit etwaige Pfadabhängigkeiten beim Vorgehen kritisch hinterfragt und wo nötig aufgebrochen werden, bedarf es systematischer Rückkopplungen und Feedbackschleifen sowie eines Monitorings von sich langsam verändernden Variablen, die leicht für annährend konstant gehalten werden könnten (Biggs et al. 2015a:21; Folke 2016).

Laut Folke (2016) sind die hier skizzierten Prinzipien weniger als Zielsetzungen, sondern vielmehr als Mechanismen und Prozesse zur Schaffung resilienter Systeme zu verstehen. Sie erhöhen die Reflexionsfähigkeit, das Verständnis für komplexe Systeme, die Anpassungsfähigkeit und in der Folge die Fähigkeit mit oftmals schwer vorhersehbaren Herausforderungen angemessen umzugehen (Folke 2016). Eine Vertiefung des Verständnisses für komplexe Systeme erweist sich auch auf der Ebene der Systemdynamik als förderlich für den Aufbau von Resilienz.

Stellschrauben für mehr Resilienz in Politik, Wissenschaft, Wirtschaft und Öffentlichkeit

In der Gesamtschau auf Resilienzkonzepte und den Überlegungen zu den Merkmalen resilienter Systeme zeigt sich: wie unterschiedlich die Diskussionen im Konkreten auch immer geführt werden, stets richtet sich der Blick auf oft verborgene Potenziale

und Ressourcen zur Problembewältigung. Dabei gehen Lernprozesse und die Entwicklung von Bewältigungsstrategien einher mit einem hohen Innovationsbedarf und teils akutem Handlungsdruck. Zwar ist in Wissenschaft und Gesellschaft immer häufiger von theoriegeleiteten Ansätzen und Strategien zur Stärkung von Resilienz die Rede. In der Praxis bedürfen jedoch alle einer umfassenden Reflexion der jeweiligen System- und Kontextbedingungen.

Um krisenfest zu sein und gemeinsam aus aktuellen Problemlagen für die Zukunft lernen zu können, werden in staatlichen und nichtstaatlichen Organisationen vielfach bisherige handlungsleitende Maxime und deren Wirkungsweise überdacht. So wurde etwa die „Strategie zur Stärkung der Resilienz gegenüber Katastrophen" (Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe o.J.) der deutschen Bundesregierung aufbauend auf dem Sendai Rahmenwerk der Vereinten Nationen überarbeitet. Die fünf Wirtschaftsweisen betonen in ihrem Jahresgutachten 2020/2021 (Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung 2020), dass Krisen nur gemeinsam zu bewältigen sind und ein hohes Maß an Agilität von Nöten ist. Zudem dürften Innovationspotenziale für den digitalen Wandel und der Entwicklung klimaneutraler Technologien nicht ungenutzt bleiben. Ähnliche Impulse erwartet auch der Wissenschaftsrat aus der COVID-19-Krise für die Weiterentwicklung des deutschen Wissenschaftssystems (Wissenschaftsrat 2021). Und nicht zuletzt werden auf europäischer wie internationaler Ebene strategische Ziele stärker auf die mittel- und langfristigen Widerstands- und Handlungsfähigkeit sowie die Innovationskraft von Gesellschaften ausgerichtet (Europäische Kommission 2020).

All diese strategischen Überlegungen machen deutlich, dass Wettbewerb und Effizienzsteigerung als Leitprinzipien nicht mehr ausreichen. Allein auf Effizienz optimierte Systeme sind anfällig für Störungen. Vielmehr werden Resilienz- und Nachhaltigkeitskonzepte als Schlüssel für den sozial-ökologischen Umbau hin zu einer lebenswerten Zukunft erkannt (Renn 2021; Tappeser et al. 2017). Bei dieser strategischen Neuausrichtung gilt es, auf der Grundlage eines klaren Bewusstseins für komplexe Zusammenhänge und zunehmend vernetzter Systeme deutlich längere Zeithorizonte zu betrachten als in der Vergangenheit. So entfalten früher unbedeutende lokale Störungen in einer zunehmend globalisierten und wirtschaftlich vernetzten Welt heute fast unmittelbar ihre Wirkung auf das Leben überall auf der Welt. Die Folgen von gestörten Lieferketten oder einer einseitigen Abhängigkeit von bestimmten Energieträgern werden dann für nahezu jeden Einzelnen spürbar. Eine resiliente und nachhaltige Zukunftsgestaltung erfordert somit in Politik, Wirtschaft und Wissenschaft mehr als ein Weiter so! – ein vor allem kluges Zusammenwirken, auch auf internationaler Ebene.

Eine Herausforderung besteht darin, die unterschiedlichen zeitlichen Dimensionen, in denen Forschung, Wirtschaft und Politik an der Bewältigung gesellschaftlicher Trans-

formationen arbeiten, zu synchronisieren und unterschiedliche Handlungslogiken in diesen Systemen jeweils zu übersetzen und in Einklang zu bringen. In der Corona-Pandemie ist die Diskrepanz zwischen einem teils akuten Handlungsdruck bei gleichzeitig ambivalenter und unzureichender Informationslage deutlich zum Vorschein getreten. Wissenschaft und Forschung können in solchen Situationen entscheidende Hilfestellung bieten, benötigen jedoch auch Zeit, um zu evidenzbasierten Aussagen zu gelangen. Gleichzeitig zeigte sich in der Pandemie-Krise, dass verfügbare wissenschaftliche Erkenntnisse nicht immer rechtzeitig und in adäquater Weise, also institutionen- und disziplinübergreifend, im politischen Entscheidungsprozess Berücksichtigung fanden.

Neben einem besseren Verständnis für Problemlagen und deren Folgen, trägt die Wissenschaft grundlegend zur Erforschung neuer Lösungsansätze und technologischer Neuerungen bei. So sind Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler unterschiedlicher Fachdisziplinen in der Lage, datengestützt Szenarien zu entwickeln und die zeitliche Dimension für technologische und soziale Innovationen und deren Skalierung zu modellieren. Am Beispiel der Impfstoffentwicklung im Zuge der Corona-Pandemie ist auf eindrückliche Weise deutlich geworden, in welch kurzer Zeit Quantensprünge im Bedarfsfall möglich sind, wenn an neuen Kenntnissen und Technologien bereits vorab gearbeitet werden kann und es eine Basis für den Transfer aus der Forschung in die Anwendung gibt. Entwicklungen wie diese belegen nachdrücklich, dass Wissenschaftsfreiheit, Themen- und Methodenpluralismus für eine resiliente Gesellschaft von fundamentaler Bedeutung sind – da eben nicht immer absehbar ist, für welche Probleme in Zukunft Antworten gefunden werden müssen.

Dabei sind viele Herausforderungen, die es zu bewältigen gilt, gar nicht neu. Forschende arbeiten schon lange zu Wasserstofftechnologien, neuen Batterietechniken oder synthetischen Kraftstoffen. Doch häufig dauert es sehr lange, bis ein Bewusstsein für Relevanz und Bedarf bestimmter innovativer – wenngleich vielleicht noch nicht ausgereifter – Entwicklungen oder auch wissenschaftlich strittiger Erkenntnisse, in Politik, Wirtschaft und Öffentlichkeit entsteht. Umgekehrt kann seitens des Innovations- und Wissenschaftssystem manches, was politisch gewollt ist, nicht so schnell oder nicht in der gewünschten Form realisiert werden. Dafür hat mitunter die politische Seite, aber auch die Öffentlichkeit wenig Verständnis. Doch so kontrovers solche Diskussionen sind, so wichtig sind sie für eine resiliente Gesellschaft. In demokratischen Entscheidungsprozessen muss einerseits Fachwissen Eingang finden, andererseits muss die Öffentlichkeit beteiligt werden, damit Bürgerinnen und Bürger verstehen können, warum welche Maßnahmen zur Krisenbewältigung ergriffen werden. Gerade in Zeiten großer Unsicherheit sind handlungsleitende Informationen oft unsicher und umstritten. Umso wichtiger ist es, wissenschaftliche Arbeitsweisen für die Breite der Gesellschaft verständlich zu machen.

Wie kann es gelingen, handelnde Personen mit unterschiedlichen Kompetenzen so zusammenzubringen, dass Erkenntnisse zur Resilienz schneller gewonnen, in den

Netzwerken schneller vermittelt und damit schneller in die Praxis umgesetzt werden können? Dieser Frage gehen die Beiträge in diesem Band in den Themenfeldern Leben, Räume und Technik nach. Vor dem Hintergrund des hier beschriebenen konzeptionellen Rahmens diskutieren die Autorinnen und Autoren eine Reihe höchst aktueller Herausforderungen:

- Erhaltung der Biodiversität und funktionierender Ökosysteme (Kapitel 2)
- Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen wie den demographischen Wandel und Stärkung des gesellschaftlichen Zusammenhalts (Kapitel 3, 4, 13)
- Bewältigung kommunaler und regionaler Transformationsprozesse und des Strukturwandels (Kapitel 5, 7, 9)
- Anfälligkeit von globalisierten Märkten gegenüber Störungen (Kapitel 8)
- Herausforderungen beim Einsatz digitaler Infrastrukturen und innovativer Technologien wie KI (Kapitel 6, 10, 12)
- Gefährdungen kritischer Infrastrukturen wie der Energieversorgung (Kapitel 11)

Immer wird in den Beiträgen deutlich, was Resilienz im konkreten Fall bedeutet und was geschehen muss, um in den untersuchten Systemen Resilienz zu erreichen. Ein komplexes Unterfangen, denn entsprechende Handlungsempfehlungen haben selten einen eindeutigen Adressaten. Immer wieder stellt sich heraus, dass es letztlich darum geht, Reibungsverluste an den Schnittstellen zwischen Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und Öffentlichkeit zu minimieren.

Literatur

Atteneder, Helena; Maier-Rabler, Ursula; Peil, Corinna; Steinmaurer, Thomas (2017): Digitale Resilienz und soziale Verantwortung. Überlegungen zur Entwicklung eines Konzepts. In: Medien Journal 41 (1), S. 48–55.

Biggs, Reinette; Schlüter, Maja; Biggs, Duan; Bohensky, Erin L.; BurnSilver, Shauna; Cundill, Georgina et al. (2012): Toward Principles for Enhancing the Resilience of Ecosystem Services. In: Annual Review of Environment and Resources 37 (1), S. 421–448.

Biggs, Reinette; Schlüter, Maja; Schoon, Michael L. (2015a): An introduction to the resilience approach and principles to sustain ecosystem services in social-ecologial systems. In: Reinette Biggs, Maja Schlüter und Michael L. Schoon (Hrsg.): Principles for Building Resilience. Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems. Cambridge: Cambridge University Press, S. 1–31.

Biggs, Reinette; Schlüter, Maja; Schoon, Michael L. (Hrsg.) (2015b): Principles for Building Resilience. Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems. Cambridge: Cambridge University Press.

Boin, Arjen; Ekengren, Magnus; Rhinard, Mark (2021): Understanding the Creeping Crisis. Cham: Springer International Publishing.

Bonß, Wolfgang (2015): Potenziale des Resilienzbegriffs. In: Martin Endreß und Andrea Maurer (Hrsg.): Resilienz im Sozialen. Theoretische und empirische Analysen. Wiesbaden: Springer VS, S. 15–31.

Brinkmann, Henrik; Harendt, Christoph; Heinemann, Friedrich; Nover, Justus (2017): Inklusives Wachstum für Deutschland 11: Ökonomische Resilienz. Schlüsselbegriff für ein neues wirtschaftspolitisches Leitbild? ISSN 2365-8991. Hrsg. von der Bertelsmann Stiftung. Online verfügbar unter: www.bertelsmann-stiftung.de/en/publications/publication/did/inklusives-wachstum-fuer-deutschland-11-oekonomische-resilienz-schluesselbild-fuer-ein-neues-wirtsch/?tx_rsmbstpublications_pi2%5BfilterKategorie%5D%5B1%5D=1, zuletzt geprüft am 02.06.2022.

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (o.J.): Strategie zur Stärkung der Resilienz gegenüber Katastrophen. Hrsg. vom Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. Online verfügbar unter: www.bbk.bund.de/DE/Themen/Nationale-Kontaktstelle-Sendai-Rahmenwerk/Resilienzstrategie/resilienz-strategie_node.html, zuletzt geprüft am 02.06.2022.

Chandler, David; Coaffee, Jon (Hg.) (2017): The Routledge handbook of international resilience. London, New York, NY: Routledge.

Christmann, Gabriela; Ibert, Oliver; Kilper, Heiderose; Moss, Timothy (2011): Vulnerabilität und Resilienz in sozio-räumlicher Perspektive. Begriffliche Klärungen und theoretischer Rahmen. Hrsg. vom Leibniz-Institut für Regionalentwicklung und Strukturplanung. Erkner.

Endreß, Martin; Maurer, Andrea (Hrsg.) (2015): Resilienz im Sozialen. Theoretische und empirische Analysen. Wiesbaden: Springer VS.

Endreß, Martin; Rampp, Benjamin (2015): Resilienz als Perspektive auf gesellschaftliche Prozesse. In: Martin Endreß und Andrea Maurer (Hrsg.): Resilienz im Sozialen. Theoretische und empirische Analysen. Wiesbaden: Springer VS, S. 33–55.

Europäische Kommission (2020): 2020 Strategic Foresight Report. Hg. v. Europäische Kommission. Brüssel. Online verfügbar unter: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1601279942481&uri=CELEX%3A52020DC0493, zuletzt geprüft am 02.06.2022.

Folke, Carl (2006): Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. In: Global Environmental Change 16 (3), S. 253–267.

Folke, Carl (2016): Resilience (Republished). In: Ecology and Society 21 (4).

Hirschmann, Thomas; Hartley, Nigel; Roth, Steffen (2020): Can we build resilience by way of creativity? Artistic ventures in a London hospice. In: International Journal of Entrepreneurship and Innovation Management 24 (2/3), S. 116–131.

Hollick, Matthias; Hofmeister, Anne; Engels, Jens Ivo; Freisleben, Bernd; Hornung, Gerrit; Klein, Anja et al. (2019): The Emergency Responsive Digital City. Hrsg. vom World Congress on Resilience, Reliability and Asset Management. Singapur. Online verfügbar unter: www.sim.informatik.tu-darmstadt.de/publ/download/2019_emergenCITY_WCRRAM.pdf, zuletzt geprüft am 02.06.2022.

Holling, C. S. (1973): Resilience and Stability of Ecological Systems. In: Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics (4), S. 1–23.

Janssen, Marcus; Ostrom, Elinor (2006): Resilience, vulnerability, and adaptation: A cross-cutting theme of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change. In: Global Environmental Change 16 (3), S. 237–239.

Karidi, Maria; Schneider, Martin; Gutwald, Rebecca (2018): Resilienz. Interdisziplinäre Perspektiven zu Wandel und Transformation. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Morrow, Betty Hearn (2008): Community resilience: A social justice perspective. CARRI Research Report 4. Hrsg. von der Community & Regional Resilience Initiative. Miami.

Quinlan, Allyson E.; Berbés-Blázquez, Marta; Haider, L. Jamila; Peterson, Garry D. (2016): Measuring and assessing resilience: broadening understanding through multiple disciplinary perspectives. In: Journal of Applied Ecology 53 (3), S. 677–687.

Randers, Jorgen; Rockström, Johan; Stoknes, Per-Espen; Goluke, Ulrich; Collste, David; Cornell, Sarah E.; Donges, Jonathan (2019): Achieving the 17 Sustainable Development Goals within 9 planetary boundaries. In: Global Sustainability 2, S. 1–11.

Renn, Ortwin (2014): Das Risikoparadox. Warum wir uns vor dem Falschen fürchten. Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch.

Renn, Ortwin (2021): Zusammen ein zukunftstaugliches Rezept. Resilienz und Nachhaltigkeit im Klimaschutz. In: Politische Ökologie 39 (166), S. 44–48.

Rockström, Johan; Steffen, Will.; Noone, Kevin; Persson, Åsa; Chapin, F. Stuart, III; Lambin, Eric et al. (2009): Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. In: Ecology and Society 14 (2). Online verfügbar unter: www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/, zuletzt geprüft am 02.06.2022.

Rungius, Charlotte; Weller, Christoph (2016): Die verheißungsvolle Schönheit der Resilienz: Zur Epistomologie eines Begriffs. Online verfügbar unter: https://resilienz.hypotheses.org/611, zuletzt geprüft am 02.06.2022.

Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (2020): Corona-Krise gemeinsam bewältigen, Resilienz und Wachstum stärken. Jahresgutachten. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden.

Schlüter, Maja; Biggs, Reinette; Schoon, Michael L.; Robards, Martin D.; Anderies, John M. (2015): Reflections on building resilience - ineractions among principles and implications for governance. In: Reinette Biggs, Maja Schlüter und Michael L. Schoon (Hrsg.): Principles for Building Resilience. Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems. Cambridge: Cambridge University Press, S. 251–282.

Sen, Amartya (1999): Development as freedom. New York, NY: Oxford University Press.

Steinhilber, Jochen (2016): Das Stehaufmantra. Das Anpassungsparadigma der „Resilienz“ droht zu einem Gegenentwurf zu transformativen Ansätzen zu werden. Online verfügbar unter: www.ipg-journal.de/schwerpunkt-des-monats/krise/artikel/das-stehaufmantra-1374/, zuletzt geprüft am 02.06.2022.

Steinmaurer, Thomas (2019): Digitale Resilienz im Zeitalter der Datafication. In: Michael Litschka und Larissa Kainer (Hrsg.): Der Mensch im Digitalen Zeitalter. Zum Zusammenhang von Ökonomisierung, Digitalisierung und Mediatisierung. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, S. 31–47.

Tappeser, Valentin; Weiss, Daniel; Kahlenborn, Walter (2017): Nachhaltigkeit 2.0 - Modernisierungsansätze zum Leitbild der nachhaltigen Entwicklung. Diskurs "Vulnerabilität und Resilienz", ISSN 1862-4359. Hrsg. vom Umweltbundesamt (UBA). Dessau-Roßlau.

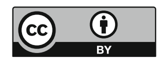
Vogt, Markus; Schneider, Martin (2016): Zauberwort Resilienz. Analysen zum interdisziplinären Gehalt eines schillernden Begriffs. In: Münchener Theologische Zeitschrift 67 (3), S. 180–194.

Wadenpohl, Sabine (2016): Resilienz - An der Schnittstelle von Public Health und Gerontologie. In: Rüdiger Wink (Hrsg.): Multidisziplinäre Perspektiven der Resilienzforschung. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, S. 73–99.

Walker, Brian; Holling, C. S.; Carpenter, Stephen R.; Kinzig, Ann P. (2004): Resilience, Adaptability and Transformability in Social-ecological Systems. In: Ecology and Society 9 (2). Online verfügbar unter: www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5/inline.html, zuletzt geprüft am 02.06.2022.

Weltgesundheitsorganisation (2013): Gesundheit 2020. Rahmenkonzept und Strategie der Europäischen Region für das 21. Jahrhundert. Kopenhagen: Regionalbüro für Europa.

Wissenschaftsrat (2021): Impulse aus der COVID-19-Krise für die Weiterentwicklung des Wissenschaftssystems in Deutschland. Köln.





Teil I

LEBEN

Resilienz der Biosphäre

–

Auf dem Weg zu resilienten Pflegesettings: Soziotechnische Faktoren digitaler Transformationsprozesse

–

Open Public Data, Medienkompetenz und die Resilienz der Gemeinschaft vor Ort

–

Kommunale Resilienz als Innovationsmotor und Garant künftiger Daseinsvorsorge

2 Resilienz der Biosphäre

Felix P. Frey, Cristina Krahl Perez, Rainer Schliep

Der Mensch verändert seine Umwelt in nie dagewesenem Ausmaß. Die ökologischen Belastungsgrenzen der Erde im Bereich der biologischen Vielfalt sind bereits weit überschritten, wodurch die Resilienz der gesamten Biosphäre bedroht ist – und damit auch die Lebensgrundlagen der Menschheit auf der Erde. Für unsere Gesundheit und unser Überleben auf der Erde brauchen wir Menschen funktionsfähige, vielfältige Ökosysteme. Welchen konkreten Gefahren ist die Biosphäre ausgesetzt? Und welche Möglichkeiten bestehen, vor dem Hintergrund der aktuellen Biodiversitätskrise, die Resilienz unserer Biosphäre zu stärken?

Der Mensch verändert inzwischen seine Umwelt in einem solchen Ausmaß, dass die Wissenschaft dafür einen eigenen Begriff erfunden hat: Als Anthropozän wird diejenige erdgeschichtliche Epoche bezeichnet, in der die Menschheit zu einem der wichtigsten Einflussfaktoren auf die biologischen, geologischen und atmosphärischen Prozesse auf der Erde geworden ist. Der Rückgang der vom Menschen unbeein-

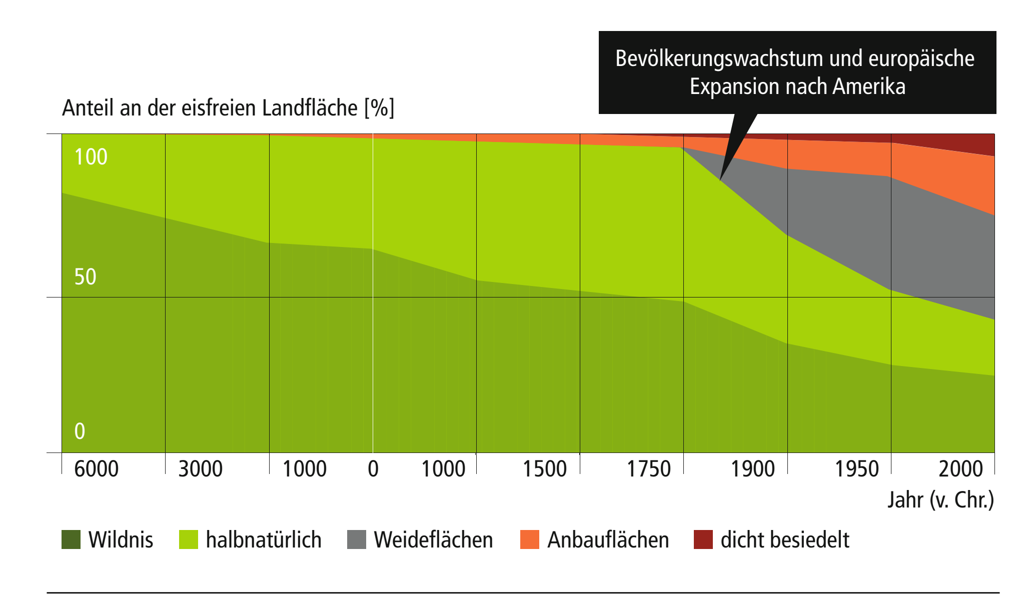


Abb. 2.1 Veränderung der Biosphäre durch den Menschen (nach Jones 2011, verändert)



V. Wittphal, *Resilienz*, https://doi.org/10.1007/978-3-662-66057-7_2

flussten Landfläche auf rund 25 Prozent (s. Abb. 2.1) mag dafür als Sinnbild stehen. Aber auch andere Elemente unserer natürlichen Umwelt werden im Anthropozän stark vom Menschen beeinflusst: die auf der Erde jährlich zur Verfügung stehenden Ressourcen sind Jahr für Jahr früher verbraucht. 2016 wurde diese Grenze am 8. August erreicht; 1987 lag sie noch auf dem 19. Dezember des Jahres.

Am stärksten werden diese „planetaren Grenzen" allerdings bei der biologischen Vielfalt überschritten (s. Abb. 2.3); sie geht weltweit in einem höchst alarmierenden Ausmaß verloren. Der Weltbiodiversitätsrat IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services) schätzt, dass bereits bis zu 75 Prozent der terrestrischen Ökosysteme, 40 Prozent der Meeresökosysteme und 50 Prozent der Binnengewässer aufgrund menschlicher Aktivitäten stark verändert sind, während sich zugleich das Artensterben weiter beschleunigt (IPBES 2018, IPBES 2019b). Klimawandel, Abbau natürlicher Ressourcen, Umweltverschmutzung und invasive gebietsfremde Arten sowie die Wechselwirkungen dieser Faktoren haben zu einem beträchtlichen Rückgang der Vielfalt des Lebens auf der Erde geführt und werden vermutlich auch in Zukunft eine erhebliche Bedrohung unserer Lebensgrundlagen sein. Dabei sind die Verluste an Biodiversität von großer Bedeutung für das menschliche Wohlergehen. Nicht nur unsere Wirtschaft ist auf biologische Vielfalt angewiesen, sondern auch die menschliche Gesundheit, da mit weniger Biodiversität zum Beispiel die Fähigkeit der Ökosysteme beeinträchtigt wird, zuverlässig sauberes Wasser zu liefern, die Luft zu reinigen, das Klima zu regulieren oder unsere Nahrungsmittelversorgung zu sichern.

Ein hohes Maß an Biodiversität ermöglicht es Ökosystemen hingegen, ihre Funktionen trotz einzelner Biodiversitätsverluste aufrecht zu erhalten – funktionierende Ökosysteme sind sozusagen resilient. Dies wird ermöglicht durch eine Vielzahl an Organismen, die die Funktionen verloren gegangener einzelner Arten kompensieren können. Ein zu großer Verlust an Biodiversität jedoch bewirkt, dass Ökosysteme ihre Resilienz verlieren, somit schneller aus dem Gleichgewicht geraten und letztlich auch ihre Funktionen verlieren können. Resilienz in der Biosphäre meint verkürzt die Erhaltung der seit Jahrtausenden bestehenden lebensfreundlichen Bedingungen auf der Erde als Lebensgrundlage für die Menschheit. Eine sinnfällige Illustration dafür ist das Jenga-Spiel: eine gewisse Zeit lang kann man aus dem Turm Holzklötzchen entfernen, aber irgendwann wird die Konstruktion instabil und bricht zusammen. Dabei entspricht das Ökosystem dem Turm und die Arten den Holzklötzchen.

Status Quo

Umweltveränderungen, verursacht durch menschliche Aktivitäten, stellen Pflanzen- und Tierarten immer wieder vor neue Anpassungsherausforderungen. Laut dem Weltbiodiversitätsrat IPBES (2018) sind in Europa und Zentralasien Landnutzungsänderungen und vor allem die Intensivierung der Landnutzung die unmittelbaren Hauptursachen für die

Abnahme der Biodiversität und für den Verlust von Ökosystemleistungen. Treiber des Biodiversitätsverlusts sind unter anderem eine nicht nachhaltige Land- und Forstwirtschaft, die Zerschneidung natürlicher Lebensräume durch Infrastrukturen wie Straßen oder Bahntrassen, der Flächenverlust in Folge zunehmender Urbanisierung und Bodenversiegelung sowie der Rohstoffabbau beispielsweise im Braunkohletagebau.

Durch menschliche Handlungen sind weltweit etwa 25 Prozent der Arten der bisher erfassten Tier- und Pflanzengruppen gefährdet. Diese Zahl deutet darauf hin, dass innerhalb der nächsten Jahrzehnte etwa eine Million Arten aussterben könnten (IPBES 2019a). In den Medien wird zurzeit besonders auf die Folgen des Klimawandels als Treiber des Biodiversitätsverlusts hingewiesen, die sowohl marine als auch terrestrische Ökosysteme betreffen. Infolge der erhöhten Jahresdurchschnittstemperaturen und der damit einhergehenden Extremwetterereignisse verlagern viele Arten ihre Lebensräume in kühlere Regionen, sodass massive Artenverluste für die tropischen Lebensräume in Südamerika, Afrika und Teilen Asiens vorhergesagt werden. Auch in den Meeren verlagern sich Fischpopulationen in Folge der Erwärmung. Zudem verändert sich der Lebensraum Meer durch die großen Mengen an Kohlendioxid, die durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe freigesetzt und zu einem großen Teil im Meer als Kohlensäure fixiert werden (Sabine et al. 2004). Das Meerwasser wird dadurch saurer, was beispielsweise zu Korallensterben führen kann. Der Forschungsstand zu den Auswirkungen der Versauerung auf die Grundlage der ozeanischen Nahrungskette, das Plankton, ist allerdings noch sehr unsicher.

Unter anderem durch die Wanderungsbewegungen infolge des Klimawandels hat die Gesamtanzahl invasiver Arten seit 1980 um 40 Prozent zugenommen (IPBES 2019a). Die Zuwanderung fremder Arten in terrestrischen Systemen hat vor allem Folgen für die Landwirtschaft und die lokalen Ökosysteme. Einheimische, bereits gefährdete Arten können im Konkurrenzkampf mit invasiven Arten oftmals drastisch dezimiert werden. Darüber hinaus sind einige invasive Insekten als Schädlinge in der Landwirtschaft bekannt und gefürchtet, wie zum Beispiel der Maiswurzelbohrer. Invasive Stechmücken bergen zudem Risiken für die menschliche Gesundheit.

Der Rückgang der artenreichsten Klasse der Tiere, der Insekten, verursacht Entwicklungen im weltweiten Ökosystem, die sehr besorgniserregend sind (Husemann 2019). So sind bestäubende Insekten sowohl eine Voraussetzung für die menschliche Ernährungssicherung als auch für den Erhalt natürlicher Ökosysteme. Weiterhin stehen eine Vielzahl der Ökosystemleistungen, von denen Wirtschaft und menschliche Gesundheit profitieren, in enger Verbindung mit der Insektenfauna (Krüß et al. 2019). Zu diesen Leistungen zählen beispielsweise verschiedene Zersetzungsprozesse, Nährstoffzyklen, die Bodengesundheit oder die notwendige Bestäubung von

Pflanzen (Zaller 2020). Rund 35 Prozent der landwirtschaftlichen Produktion ist auf Bestäuber angewiesen (Klein et al. 2007). Durch das Insektensterben ist bereits jetzt schon ein Viertel der Wildpflanzen auf dem Planeten stark gefährdet (Imran 2020). Obwohl die in Deutschland beheimateten rund 33.000 Insektenarten dringend notwendig für intakte Ökosysteme und damit die Sicherstellung wichtiger Ökosystemleistungen sind, ist das Wissen zur Bedeutung von Insekten in der Bevölkerung relativ gering (Krüß et al. 2019). Bis zum Jahr 2050 wird die Erdbevölkerung auf geschätzte neun Milliarden Menschen angestiegen und mehr noch als heute auf eine stabile Nahrungsmittelproduktion angewiesen sein (Brown und Paxton 2009).

In einer Reihe neuerer Studien wird die Tragweite des Insektenschwunds deutlich. In den letzten 27 Jahren konnte etwa der Krefelder Entomologenverein eine Abnahme von ca. 75 Prozent der Biomasse von Fluginsekten feststellen und eine Reduzierung der Pflanzenvielfalt von 50 Prozent beobachten (Stadlmann und Adelmann 2019). Erst durch diese Studien wurde das Insektensterben in den deutschen Medien zu einem Thema. Der Rückgang an Insektenarten wird dabei in allen Landschaften beobachtet, sowohl auf Weiden und Ackerflächen als auch in Naturschutzgebieten. In Wiesen und Wäldern beträgt der Schwund an Insektenbiomasse bereits ein Drittel, im Grünland sogar zwei Drittel. Zu den betroffenen Arten gehören sowohl örtlich sesshafte als auch wandernde Insekten (Zaller 2020). In Deutschland wurde für die Datenaufnahme von gefährdeten Arten eine sogenannte Rote Liste entwickelt, die zur Analyse von Bestandsentwicklungen dient (Ries et al. 2019). Weiteres Monitoring ist Voraussetzung dafür, dass die gegenwärtig vorhandenen Insektenpopulationen korrekt erfasst werden können. Eine lückenlose Datengrundlage ist unabdingbar, um zutreffende Rückschlüsse auf die Entwicklungen in der Insektenfauna zu ziehen und geeignete Schutzmaßnahmen ergreifen zu können.

Seit einigen Jahren rücken auch die Weltmeere zunehmend in den Fokus der Biodiversitätspolitik und -forschung. Ozeane und Küsten verfügen über eine enorme Vielfalt an Leben in den unterschiedlichsten Lebensräumen. Sie beherbergen die größten Tiere, die auf der Erde leben, und Milliarden kleinster Organismen. Das Phytoplankton, winzige photosynthetisierende Mikroorganismen, liefert 50 Prozent des gesamten Sauerstoffs auf der Erde. Ökosysteme des Tiefseemeeresbodens profitieren von den sich zersetzenden Organismen aus der Lichtzone der Ozeane oder von der Energie unterseeischer Heißwasser-Schlote, an denen teils extreme Umweltbedingungen mit Temperaturen von bis zu 400 °C herrschen (WWF/IUCN 2001). Es wird geschätzt, dass allein die Tiefsee 10 Millionen Arten beherbergt (Glowka 1995). Seit Tausenden von Jahren leben die Menschen in der Nähe der Ozeane und nutzen deren Ressourcen. Etwa 40 Prozent der Weltbevölkerung lebt weniger als 100 Kilometer von Küsten entfernt. Die Fischerei liefert mehr als 15 Prozent der weltweiten Nahrungsaufnahme an tierischem Eiweiß. Ozeane spielen eine wichtige Rolle bei der Regulierung des globalen Klimasystems, und Küstenökosysteme erbringen wirt-

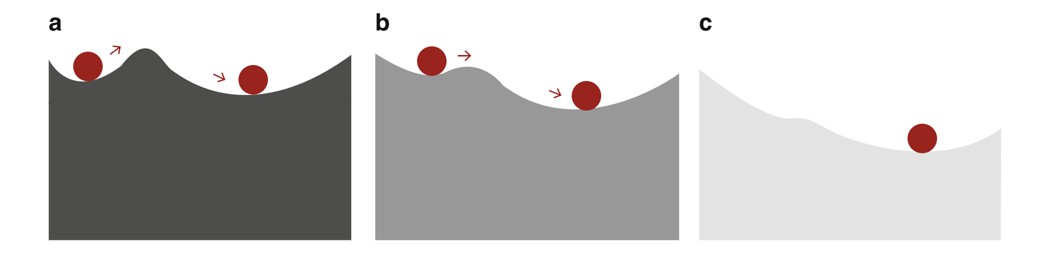


Abb. 2.2 Adaptive Kapazität und Multistabilität eines Systems (nach Gunderson 2000, verändert): In diesen drei Modellbeispielen **a**–**c** *für die Stabilität eines Systems ist die Kugel das* **System***, die Pfeile zeigen* **Systemstörungen** *an. Tiefgelegene Punkte bedeuten* **Systemstabilität***. Die Form der Bereiche um die lokalen Minima repräsentieren den Spielraum für mögliche Auslenkungen bis hin zu einem* **Kipppunkt***, ab dem das System in einen neuen Gleichgewichtszustand übergeht. Dieses Modell für resiliente Systeme verlässt die Vorstellung von Stabilität als starrem Zustand mit festen Grenzen. Vielmehr bewegen sich resiliente Systeme in veränderlichen „Landschaften" und streben dabei immer einen stabilen Zustand an – unabhängig von den jeweiligen Umweltbedingungen.* **a** *Das stabile System (***links***, z. B. intaktes Korallenriff) bricht nur bei großen Systemstörungen zusammen und geht in einen neuen Gleichgewichtszustand (***rechts***) über;* **b** *Das weniger stabile System (durch Erderwärmung geschädigtes Korallenriff) bricht bereits durch leichte Systemstörungen zusammen;* **c** *das System ist in einen neuen, (weniger biodiversen) Gleichgewichtszustand übergegangen.*

schaftlich bezifferbare Leistungen wie Tourismus und Schutz vor Stürmen, die auf jährlich fast 26 Milliarden US-Dollar geschätzt werden (CBD 2022b).

Die biologische Vielfalt der Meere ist für das menschliche Wohlergehen von entscheidender Bedeutung. Die Meeres- und Küstenökosysteme sind jedoch zahlreichen Bedrohungen ausgesetzt: Überfischung, Korallensterben, Verschmutzung, Erwärmung, Meeresspiegelanstieg und Versauerung oder vom Menschen verursachter Unterwasserlärm. All diese Belastungen wirken sich negativ auf die Meeresökosysteme aus und beeinträchtigen ihre Fähigkeit, Leistungen und Ressourcen bereitzustellen, die auch für uns Menschen essenziell wichtig sind. Um dem entgegenzuwirken, muss das Verständnis zum ökologischen und biologischen Wert der Ozeane verbessert werden, und die Auswirkungen der wichtigsten Bedrohungen für die biologische Vielfalt der Meere und Küstengebiete müssen besser verstanden und reduziert werden (ebd.).

Die menschliche Existenz ist klar von der Resilienz der Ökosysteme der Erde abhängig. Dementsprechend trug bereits der globale Bericht mehrerer UN-Organisationen aus dem Jahr 2000 zur Lage der Ökosysteme weltweit den Titel „das schwindende

Netz des Lebens“ (UNDP / UNEP / World Bank / WRI 2000). Eines der Probleme in der Biodiversitätsforschung[1] besteht allerdings nach wie vor darin, dass nicht genau bekannt ist, ab welchem Punkt natürliche Systeme so geschwächt sind, dass sie zusammenbrechen, beziehungsweise so stark gestört sind, dass sie in einen neuen Gleichgewichtszustand übergehen. In manchen Fällen ist diese Veränderung unumkehrbar (s. Abb. 2.2). Wie also kann die Menschheit ihre natürlichen Lebensgrundlagen schützen und nachhaltig nutzen?

Auswirkungen des Biodiversitätsverlusts und aktuelle Entwicklungen

Die Notwendigkeit des Biodiversitätsschutzes ist aufgrund der komplexen und räumlich stark variierenden Wechselwirkungen zwischen Biodiversität und menschlicher Nutzung einer breiten Öffentlichkeit, aber häufig auch der Politik weit weniger eingängig als beispielsweise Maßnahmen gegen den Klimawandel. Begriffe wie „Biodiversität“, „Ökosystem“ oder „Ökosystemleistungen“ sind naturwissenschaftlich-technisch geprägt und erscheinen im gesellschaftlichen Diskurs zur Erhaltung unserer Lebensgrundlagen oft sperrig (Richerzhagen und Rodriguez de Francisco 2020). Während die wissenschaftliche Gemeinschaft seit Ende der 1980er Jahre mithilfe des Weltklimarates IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) in der gesellschaftlichen Debatte um den Klimaschutz auf wissenschaftlicher Grundlage griffige Aussagen und prägnante Zielsetzungen wie das 1,5-Grad-Ziel formuliert hat, stellt sich die kommunikative Aufgabe in der Biodiversitätskrise komplexer dar. Vor dem Hintergrund der regionalen Vielfalt natürlicher Lebensräume und menschlicher Nutzungen von Ökosystemleistungen und Komponenten biologischer Vielfalt ergibt sich eine Fülle unterschiedlicher Problemlagen. Für sie müssen jeweils individuelle Lösungen in Abwägungen zwischen menschlichen Interessen und naturschutzbezogenen Anforderungen gefunden werden. Die Komplexität der Aufgabe wird noch gesteigert durch die Tatsache, dass alle diese Lösungen miteinander verknüpft sind: Maßnahmen hier haben auch Auswirkungen auf benachbarte Lebensräume und Landnutzungsmuster oder gar weit entfernte Regionen. Denn selbst räumlich weit entfernte menschliche und natürliche Systeme sind sozioökonomisch und ökologisch miteinander gekoppelt. Die gesamte Bandbreite der zu berücksichtigenden Aspekte im Biodiversitätsschutz wird durch den Ökosystemansatz des Übereinkommens über die biologische Vielfalt CBD (Convention on Biological Diversity) beschrieben, der in fünf Leitlinien und zwölf Prinzipien den Handlungsrahmen des Übereinkommens aufspannt (CBD 2022a).

[1] *Biodiversitätsforschung ist die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der Vielfalt des Lebens auf allen seinen organisatorischen Ebenen: auf genetischer Ebene, auf Ebene der Arten und auf Ebene der Lebensräume bzw. Ökosysteme.*

Um den Schutz der Biodiversität voranzubringen, gilt es, sowohl naturwissenschaftliche und sozialwissenschaftliche Forschung zu verknüpfen als auch gesellschaftliche Gruppen, die sogenannten Stakeholder, einzubinden. Die Aufgabe der Naturwissenschaften besteht hauptsächlich in der Identifizierung von Arten und der Untersuchung von Interaktionen und Interdependenzen zwischen diesen und ihren Lebensräumen. Nur was wir kennen, können wir auch erhalten. Um die Ergebnisse der naturwissenschaftlichen Forschung jedoch einzuordnen und in die Praxis umzusetzen, bedarf es einer sozialwissenschaftlichen Begleitung. Zwar ist der ökonomische und gesellschaftliche Wert von Biodiversität schwer in Zahlen zu fassen, denn die Folgen eines Biodiversitätsverlusts sind meist nicht direkt sichtbar. Doch Biodiversität bildet eine langfristige Grundlage für unsere Kultur und die Wirtschaft. Gleichzeitig spielen die Aktivitäten von Wirtschaft, Politik, Soziologie und Kultur entscheidende Rollen im Biodiversitätsschutz – oder aber beim Verlust von Biodiversität.

Um Empfehlungen zu geben, welche Maßnahmen zum Biodiversitätsschutz langfristig effektiv und vorteilhaft sind, analysieren die Sozialwissenschaften das Verhalten von Menschen und Bevölkerungsgruppen, erforschen, was in der Gesellschaft auf Interesse und was auf Ablehnung stößt, und wie ablehnenden Haltungen begegnet werden kann. In diesem Kontext ist es auch Aufgabe der Sozialwissenschaften, relevante Stakeholder, also Bürgerinnen und Bürger, Politiker und Politikerinnen, Unternehmen und gesellschaftliche Gruppen in alle Schritte der Forschung einzubeziehen, und dies nicht erst bei der Ergebnispräsentation, sondern bereits bei der Aufgabenstellung, der Methodenentwicklung und der Analyse. Im Rahmen von Konzepten wie „citizen science“ können diese Stakeholder zusätzlich praktische Expertise in die Forschung einfließen lassen. Außerdem bewirkt diese frühe Einbeziehung, dass die Gesellschaft in den Biodiversitätsschutz direkt einbezogen wird und dadurch ein intrinsisches Interesse daran entwickelt. Die Kommunikation muss ein integraler Bestandteil von Biodiversitätsforschung sein, denn es muss gelingen, nicht nur bei interessierten Naturschützern, sondern in allen Teilen der Gesellschaft ein Bewusstsein für den Wert von Biodiversität zu schaffen – ein „wir brauchen Biodiversität“. Beim Klimawandel ist es bereits gelungen, ein vormaliges Randthema einer breiten Öffentlichkeit bewusst zu machen. Dies sollte auch im Biodiversitätsbereich gelingen und wird dort unter dem englischen Schlagwort Mainstreaming verfolgt: die konsequente Berücksichtigung von Biodiversitätsbelangen in allen Politikbereichen.

Biodiversität hat direkte und indirekte Einflüsse auf die menschliche Gesundheit. Indirekt stellt Biodiversität Ökosystemleistungen wie sauberes Trinkwasser, Luft zum Atmen und eine vielfältige Ernährung bereit. Daneben profitiert die menschliche Gesundheit in direkter Weise von Biodiversität, da sie Quelle neuer Arzneimittel und Impfstoffe ist. Es lässt sich hochrechnen, dass ein Großteil, nämlich mehr als 60 Prozent aller Medikamente in den Industrienationen Produkte natürlichen Ursprungs

oder Metabolite davon sind, also ihren Ursprung in pflanzlichen, tierischen, pilzlichen oder mikrobiologischen Lebewesen haben (Mathur und Hoskins 2017). Auch Impfstoffe werden aus natürlichen Quellen, den eigentlichen Krankheitserregern entwickelt. Aktuelle Forschung deutet außerdem darauf hin, dass Biodiversität einen positiven Einfluss auf die menschliche Psyche hat und beispielsweise durch Reduktion von Stress Krankheiten wie einem Herzinfarkt oder einer Depression vorbeugen oder diese mildern kann. So legt zum Beispiel ein Studienergebnis aus Leipzig nahe, dass ein Zusammenhang zwischen der Reduktion des Depressionsrisikos und dem Vorhandensein von Stadtbäumen besteht (Marselle et al. 2020). Es ist zu vermuten, dass eine Verringerung der natürlichen Vielfalt negative Effekte auf die unmittelbare Lebensgrundlage und die psychische Resilienz des Menschen hat. Neben diesen positiven Effekten kann Biodiversität die menschliche Gesundheit allerdings auch negativ beeinflussen wie etwa durch allergene Pflanzenpollen oder Infektionskrankheiten, die durch Mücken und Zecken übertragen werden.

Neben bereits bekannten Infektionskrankheiten sind die meisten – etwa 70 Prozent – der neu auftretenden Infektionskrankheiten wie Ebola, Zika oder Nipah-Enzephalitis und fast alle bekannten Pandemien wie Influenza, HIV/AIDS oder COVID-19 Zoonosen (IPBES 2020). Zoonosen werden durch Mikroben verursacht, die ursprünglich tierische Erreger waren. Diese Mikroben werden durch den Kontakt zwischen Wildtieren, Nutztieren und Menschen übertragen. Aktuell werden schätzungsweise 1,7 Millionen noch unentdeckte Viren in Säugetieren und Vogelarten vermutet, von welchen rund 600.000 bis über 800.000 die Fähigkeit haben, Menschen zu infizieren. Die wichtigsten Reservoirs für Erreger mit pandemischem Potenzial besitzen Nutztiere wie Schweine, Kamele und Geflügel sowie Wildtiere aus der Gruppe der Säugetiere wie Fledermäuse, Nagetiere und Primaten. Dazu kommen noch einige wildlebende Vogelarten, wobei vor allem Wasservögel wie Enten und Möwen als Reservoire hervorzuheben sind. Über den Zusammenhang zwischen der Verschlechterung von Ökosystemen und dem Risiko des Auftretens von Krankheiten bestehen große Wissenslücken. Schließlich fehlen ausreichende Daten über die relative Bedeutung des legalen und illegalen Wildtierhandels für das Auftreten von Zoonosen (IPBES 2020).

Die Genomsequenzierung hat sich in den vergangenen Jahrzehnten stetig weiterentwickelt. Mithilfe der sogenannten Metagenomik ist es mittlerweile möglich, genetisches Material direkt aus Umweltproben zu extrahieren. Dies war nicht immer so: Um genügend DNA für eine Sequenzanalyse aus Kleinstlebewesen gewinnen zu können, waren mikrobiologische Methoden lange Zeit darauf angewiesen, Mikroorganismen zunächst im Labor zu vermehren. Mittlerweile lässt sich genetisches Material jedoch nicht nur aus diesen wenigen, im Labor kultivierbaren Mikroorganismen gewinnen, sondern auch aus kleinsten Spuren von Lebewesen in Gewässer- oder Bodenproben, die uns vorher verborgen waren. Im Jahr 2020 haben Wissenschaftler allein in Was-

ser- und Erdproben, in pflanzlichen, tierischen und menschlichen Geweben sowie in Abwässern und Laboren rund 12.000 neue Mikrobenarten entdeckt (Nayfach et al. 2021). Die Identifizierung von Arten durch Metagenomik bedeutet demnach einen unvergleichlichen Fortschritt für die Biodiversitätsforschung. Sie ermöglicht es, komplexe Zusammenhänge mikrobieller Netzwerke zu erkennen, die essenziell für das Funktionieren von Ökosystemen sind (Gilbert et al. 2011).

Eine weitere Entwicklung, die durch neues Wissen zur Funktion von Genen möglich wurde, ist die Nutzung von Gentechnik oder Genomeditierung in der Bekämpfung vektorübertragener Infektionskrankheiten. Eine aktuelle Anwendung dieser Technologie läuft seit 2021 auf den Florida Keys, wo sich die invasive Ägyptische Tigermücke (*Aedes aegypti*) immer weiter ausgebreitet, die Gelbfieber, Chikungunya, das Zika-Virus und das Denguefieber überträgt. Zu ihrer Bekämpfung werden jetzt gentechnisch veränderte männliche Stechmücken eingesetzt, die außerhalb der Laborumgebung innerhalb weniger Tage sterben, da sie auf ein bestimmtes Antibiotikum im Futter angewiesen sind. Diese Männchen paaren sich in den Sümpfen mit Weibchen der gleichen Art und vermachen auch den Nachkommen das Selbstmordgen, welche nach kurzer Zeit noch im Larvenstadium verenden. Ein erster Test auf den Kaimaninseln war mit einer Reduktion der Tigermückenpopulation um 80 Prozent bereits 2009 erfolgreich (Subbaraman 2011).

Eine Weiterentwicklung dieses „lebenden Insektizids" ist die derzeit umstrittene Gene Drive-Technologie, mit deren Hilfe die normalen Regeln genetischer Vererbung ausgeschaltet werden könnten. Die Idee: Die Freisetzung männlicher Mücken, die ein Gen an ihre Nachkommen weitergeben, das alle weiblichen, jedoch nicht die männlichen Mücken sterben lässt. Somit verbreiten die männlichen Nachkommen das Gen weiter in der Population und löschen am Ende theoretisch die gesamte Population aus (Hammond et al. 2021). Ziel ist, einzelne Malaria übertragende Stechmückenspezies auszurotten, ohne dabei Biotope durch Pestizideinsatz oder Trockenlegung zu zerstören. Damit könnten 200 Millionen Malariaerkrankte und 1,8 Millionen Tote pro Jahr verhindert werden (Braun 2016). Andererseits ist jedoch nicht immer absehbar, welche Auswirkungen die Ausrottung einzelner Arten auf die Funktionalität von Ökosystemen hat. Mitte Dezember 2016 beschloss die 13. Vertragsstaatenkonferenz des Übereinkommens über die biologische Vielfalt CBD in Cancún (Mexiko) daher die Anwendung des Vorsorgeprinzips auf Gene Drives.

Zentrale Gegenstände der Biodiversitätsforschung sind neben der Beschreibung der verschiedenen Arten und Ökosysteme auch das Verständnis ihrer Dynamik und der ökologischen Interaktionen zwischen ihnen. Ein besseres Verständnis dieser ökologischen Prozesse ist unter anderem für den Biodiversitätsschutz oder für das Verständnis von Ökosystemfunktionen und damit auch für das Verständnis der Resilienz der Biosphäre von großer Bedeutung. Dabei wird in der Biodiversitätsforschung seit geraumer Zeit

verstärkt auf den Nutzen künstlicher Intelligenz (KI) und Digitalisierung gesetzt. Der Einsatz von Technologien soll vor allem dazu dienen, die Datengrundlage zu Arten und Ökosystemen zu verbessern und diese universell zugänglich und nutzbar zu machen. KI hat das Potenzial, die Forschung zu den hochdynamischen und hochkomplexen Zusammenhängen im Bereich der Biodiversität deutlich voranzubringen. Der Einsatz von KI ermöglicht neben der Durchführung von Studien mit sehr hohen Datenmengen auch die Analyse langer Zeitreihen und räumlicher Dynamiken. Letztere Analysen können zur Simulation von Wechselwirkungen, zur Mustererkennung und Theoriebildung genutzt werden. Die Biodiversitätsforschung profitiert von den neuen KI-Methoden, insbesondere aufgrund des Vorhandenseins lückenhafter Spezies-Datenbanken wie beispielsweise von Insekten. KI kann hier zur automatisierten Arterfassung genutzt werden. Der KI-Einsatz in der Biodiversitätsforschung erfordert die enge Vernetzung der beteiligten Disziplinen Informatik, Biologie und Ökologie.

Handlungserfordernisse

Der Druck auf die biologische Vielfalt und die Lebensräume hält unvermindert an: sowohl an Land als auch auf See weisen die meisten der relevanten Nachhaltigkeitsindikatoren für Deutschland kaum Verbesserungen auf. Ob Freiraumverluste, Stickstoffeinträge in Nord- und Ostsee, Artenvielfalt und Landschaftsqualität, überall verzeichnen die Indikatoren stagnierende oder sogar negative Trends.

Der Rahmen für Biodiversitätspolitik und -forschung wird auf internationaler (UN), regionaler (EU) und nationaler Ebene abgesteckt. Aktuell befindet sich das System im Umbruch, in vielen Prozessen ist man im Begriff, Zielsetzungen zu aktualisieren und Forschungsanstrengungen neu zu fokussieren. Beispiele sind das derzeit in Verhandlung befindliche neue Zielsystem der CBD, das sogenannte Post-2020-Rahmenwerk, die Ausweitung der europäischen Biodiversitätsforschung mit der Europäischen Biodiversitätspartnerschaft Biodiversa+, sowie die ersten Ansätze zur Aktualisierung der Nationalen Biodiversitätsstrategie in Deutschland. Im Vordergrund der globalen Nachhaltigkeitsagenda wie auch der Arbeit des Weltbiodiversitätsrates IPBES stehen vor allem integrierte Ansätze zur Bewältigung der Biodiversitätskrise: die globalen Nachhaltigkeitsziele betonen die Überwindung des Silodenkens genauso wie die neu angelaufenen IPBES-Berichte zu transformativem Wandel und zum Nexus zwischen Biodiversität, Klima, Gesundheit und Ernährung.

Richerzhagen und Rodriguez de Francisco (2020) bekräftigen: „An konkreten Zielen hat es bisher nicht gemangelt. Trotz all der Strategien, Gesetze und Förderprogramme, ob auf internationaler, europäischer oder nationaler Ebene, ist der Verlust von Biodiversität nicht aufzuhalten.“ Handlungsbedarfe sehen Autorin und Autor bei der Umsetzung vereinbarter Ziele, bei der Veränderung individueller Verhaltensweisen, bei der langfristigen Wertschätzung von Biodiversität, bei der Berücksich-

tigung von Kosten, die durch die Inanspruchnahme von Biodiversität entstehen, bei der Berücksichtigung von Biodiversitätsbelangen in anderen Politikbereichen, beim Ausgleich zwischen privatwirtschaftlichen Interessen und gesellschaftlichen Belangen, und schließlich bei der finanziellen Unterstützung des Natur- und Artenschutzes in den biodiversitätsreichen Schwellen- und Entwicklungsländern durch die Industrieländer (ebd.). Letztendlich aber sind all diese Handlungsfelder miteinander verknüpft, und dies oft auf sehr komplexe Weise, wie sich am Beispiel genetischer Ressourcen zeigt.

Die notwendige (Gewinn-)Beteiligung von Staaten und nichtstaatlichen Gruppen wie indigenen Gemeinschaften an der Nutzung ihrer genetischer Ressourcen (Access and Benefit Sharing, ABS) wurde international durch das Nagoya-Protokoll im Rahmen des Übereinkommens über die biologische Vielfalt (CBD) geregelt (CBD 2011). Allerdings scheitert die Umsetzung dieses internationalen Vorteilsausgleichs häufig an bürokratischen Hürden nationaler Institutionen sowie diversen Einzelinteressen gesellschaftlicher Gruppen und Staaten (Heinrich et al. 2020). Diese Gemengelage führt nicht selten zum Erliegen des Austauschs genetischer Ressourcen und zum illegalen Transport über Ländergrenzen hinweg. Trotz des Nagoya-Protokolls fehlen also zeitgemäße, robuste und einfache internationale Mechanismen zum Austausch genetischen Materials.

Die Bewahrung von Landrassen und wilden Verwandten von Nutzpflanzen hat jedoch eine große Bedeutung für die Sicherung der Welternährung. Sie verfügen oft über genetische Eigenschaften, die genutzt werden können, um Nutzpflanzen an den Klimawandel oder neuartige Krankheiten anzupassen und damit die Resilienz und Produktivität der Landwirtschaft zu stärken. Diese genetischen Ressourcen sind jedoch noch ungenügend geschützt und nicht nur durch den mangelnden internationalen Austausch, sondern auch durch lokale Umweltkatastrophen und Kriege gefährdet. Der Global Crop Diversity Trust – eine unabhängige internationale Organisation mit dem Ziel, die Vielfalt der Nutzpflanzen zu bewahren und verfügbar zu halten – entwickelt Strategien für den Schutz der Agrobiodiversität (Crop Trust 2019). Je nach Nutzpflanze sind spezifische Erhaltungsstrategien notwendig, die zum einen die Aufbewahrung von Samen und Pflanzenteilen *ex situ*, also in Genbanken einschließen. Dabei ist das Ziel, den Großteil der genetischen Variation auf mehrere Genbanken verteilt zu sichern. Zu diesem Zweck wurde auch das sogenannte „Svalbard Global Seed Vault“, ein Saatgutlager im ewigen Eis Spitzbergens eingerichtet, das im Fall von Extremereignissen Pflanzenmaterial bereitstellen kann, die anderswo verloren gingen. Hier sind bereits über eine Million Saatgutproben aus fast allen Ländern der Welt eingelagert (Crop Trust 2021). Die Erhaltungsstrategien schließen aber auch die Ausweisung und Kontrolle von Schutzgebieten ein, um ganze Pflanzenpopulationen *in situ*, also in der Umwelt, zu schützen. Dies ist besonders wichtig für Nutzpflanzen

wie Vanille (Bramel und Frey 2021), deren zahlreiche bisher nicht identifizierte wilde Verwandte in bisher wenig vom Menschen berührten Biodiversitäts-Hotspots wie dem Amazonasbecken vorkommen, die jedoch von Entwaldung bedroht sind.

Ein weiterer strittiger Punkt im Rahmen internationalen Austauschs genetischer Ressourcen sind digitale Sequenzinformation (DSI) über Lebewesen. Einerseits ist ein freier Austausch notwendig, um wissenschaftliche Forschung zu ermöglichen. Die freie Verfügbarkeit von DSI war eine der Voraussetzungen für die Entwicklung von Impfstoffen gegen Covid-19 und ermöglicht das Aufspüren von Duplikaten in Genbanken. Am Beispiel des Nutzpflanzen-Saatguts: Nur geschätzt 25 bis 30 Prozent der weltweit 7,4 Millionen Pflanzenproben in Genbanken sind keine unbemerkten Kopien (Schmitz et al. 2021). Zudem ermöglicht frei verfügbare DSI durch die Möglichkeit des Abgleichs genetischer Informationen die Identifizierung und den Schutz bedrohter Spezies im Wildtierhandel. Die Abschätzung möglicher Profite aus Sequenzinformationen und die Kontrolle des DSI-Austauschs sind allerdings hoch komplex. Die CBD-Vertragsstaatenkonferenz hat aufgrund schwerwiegender Meinungsverschiedenheiten zu DSI einen wissenschaftlich-politischen Prozess etabliert, um adäquate Regelungen zu identifizieren (Biosafety Unit 2021).

Das Beispiel der genetischen Ressourcen macht klar, wie dringlich und komplex die Erhaltung der Biodiversität als menschliche Lebensgrundlage ist und dass sie eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe ist, die alle Gesellschaftsbereiche tangiert: Politik, Wissenschaft, Wirtschaft, Technik – die große Öffentlichkeit. Folgt man der Theorie zu den Grenzen des globalen Wachstums (Steffen et al. 2015; Persson et al. 2022), ist die Erhaltung der biologischen Vielfalt eine noch dringlichere Aufgabe als der Klimaschutz. Dies wird aus einer Darstellung der Teilbereiche des Erdsystems deutlich, die die planetare Belastung für jeden Teilbereich bilanziert. Auch wenn die planetaren Grenzen im Teilbereich Klima deutlich überschritten sind, liegt die Unversehrtheit der Biosphäre und hier besonders das Artensterben weit stärker außerhalb des sicheren Handlungsraums (s. Abb. 2.3).

Ausblick

Durch die erfolgreiche Arbeit des Weltbiodiversitätsrates IPBES und seine fundierten Berichte über den globalen Zustand der biologischen Vielfalt wird immer deutlicher, dass die Menschheit in Bezug auf die Unversehrtheit der Biosphäre den sicheren Handlungsraum bereits weit hinter sich gelassen hat. Die Weltgemeinschaft ringt weiter um die nötige Dynamik, um die Biodiversitätskrise entschlossen in den Griff zu bekommen. Allerdings binden die durch den Coronavirus SARS-CoV-2 ausgelöste Pandemie und der Überfall Russlands auf die Ukraine nicht nur in Europa gesellschaftliche Kräfte, die für die Bewältigung dieser Krise dringend benötigt würden.

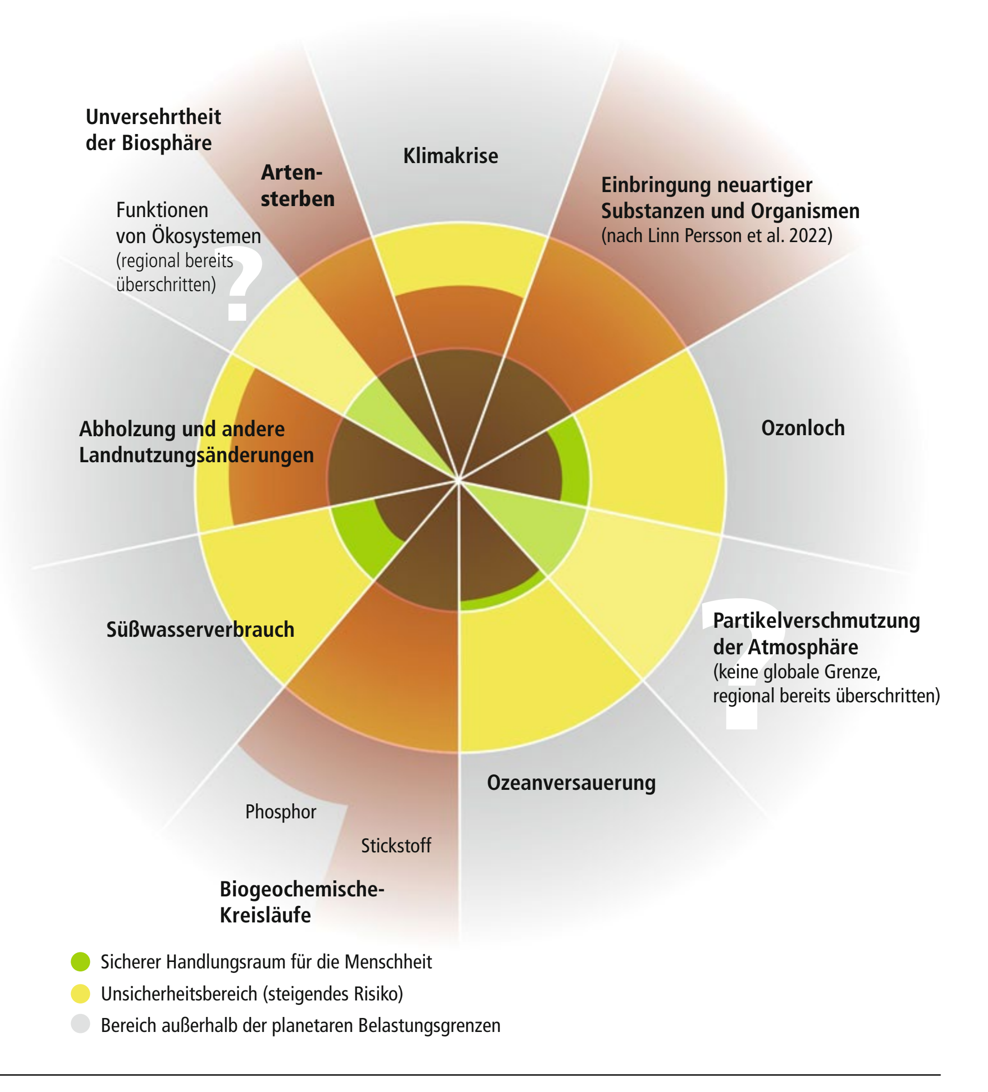


Abb. 2.3 Globale ökologische Belastungsgrenzen (nach Steffen et al. 2015, Persson et al. 2022, verändert): Die roten Sektoren beschreiben den derzeitigen Status der jeweiligen Teilbereiche, für die beiden nicht eingefärbten Bereiche ist der Status räumlich uneinheitlich. Der grüne innere Kreis markiert den sicheren Handlungsraum für die Menschheit, der gelbe Ring steht für den Unsicherheitsbereich mit steigendem Risiko. Der außerhalb des gelben Ringes gelegene Bereich liegt oberhalb der planetaren Belastungsgrenzen und ist mit einem hohen Existenzrisiko für die Menschheit verbunden.

Nach dem Auslaufen der UN-Dekade zur Biodiversität und dem Verfehlen der Aichi-Biodiversitätsziele für 2020 diskutieren die Mitglieder der CBD neue Zielsetzungen für die laufende Dekade und die Vision für 2050, die unter dem anspruchsvollen Titel „Leben in Harmonie mit der Natur" läuft. Die zähen Verhandlungen zur Verabschiedung des neuen „Post 2020-Rahmenwerks" zur biologischen Vielfalt verweisen allerdings auf die weiter bestehenden großen nationalen Unterschiede bei der Beurteilung der Dringlichkeit.

Auf globaler Ebene stecken die Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen den Handlungsrahmen für die Bewältigung der globalen Herausforderungen im Zeitraum bis 2030 ab. Der intendierte sektor- und themenübergreifende transformative Wandel hin zu einer global nachhaltigen Entwicklung unterstützt die Anstrengungen zur Berücksichtigung von Biodiversitätsbelangen in anderen Politikbereichen. Als Reaktion auf die Biodiversitäts-Krise sind viele Staaten auf der ganzen Welt bedeutende Verpflichtungen für den Schutz und die nachhaltige Nutzung biologischer Vielfalt eingegangen. Auf der Generalversammlung der Vereinten Nationen im Jahr 2020 haben sie sich verpflichtet, 30 Prozent der Landfläche und der Meere bis 2030 zu schützen und die Wiederherstellung von mindestens 15 Prozent der Lebensräume und der damit verbundenen Ökosystemprozesse zu erreichen. Der Weltbiodiversitätsrat IPBES hat mit dem Start zweier neuer Untersuchungen zu transformativem Wandel und dem Nexus zwischen Nahrungs- und Trinkwassersicherheit, menschlicher Gesundheit, Schutz der biologischen Vielfalt und Bekämpfung des Klimawandels die thematischen Schwerpunkte für die kommenden Jahre gesetzt. Klima, biologische Vielfalt und menschliche Gesellschaft werden zunehmend als gekoppelte Systeme gedacht, um politische Maßnahmen erfolgsorientiert umsetzen zu können und zugleich klima- als auch biodiversitätsverträgliche Entwicklungspfade zu ermöglichen (Pörtner et al. 2021).

In der Europäischen Union verpflichtet die EU-Biodiversitätsstrategie 2030 die Mitgliedstaaten, dafür zu sorgen, dass sich der Zustand aller geschützten Lebensräume und Arten bis zum Jahr 2030 nicht verschlechtert und dass mindestens 30 Prozent der Arten und Lebensräume, die sich derzeit nicht in einem günstigen Zustand befinden, bis 2030 einen positiven Trend aufweisen. Im Jahr 2020 hat die EU-Kommission die „Farm to Fork"-Strategie zur nachhaltigen Lebensmittelproduktion vorgestellt. Der neue, ganzheitliche Ansatz vom „Hof bis auf den Teller" bezieht alle Wirtschaftssektoren ein und erkennt insbesondere die Schlüsselrolle von Landwirtinnen und Landwirten bei der Etablierung einer nachhaltigen Ernährung an. Die 2021 gestartete Europäische Biodiversitätspartnerschaft Biodiversa+ eröffnet die Chance, das Biodiversitätsmonitoring in Europa zu harmonisieren und grundlegend zu verbessern, naturbasierte Lösungen bei der Bekämpfung des Biodiversitätsverlustes in den Fokus zu rücken und die wissenschaftsbasierte Politikberatung zu Biodiversitätsaspekten sicherzustellen.

In Deutschland laufen erste Vorbereitungen zur Aktualisierung der Nationalen Biodiversitätsstrategie, die ja bereits 2007 verabschiedet wurde und nun an die aktuellen Entwicklungen und neuen Erkenntnisse angepasst werden muss. Eine offene Aufgabe auf nationaler Ebene bleibt die Einrichtung einer Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Politik zur Bündelung der nationalen Biodiversitätsaktivitäten und zur Verknüpfung mit den internationalen und europäischen biodiversitätsbezogenen Prozessen nach dem Vorbild anderer europäischer Länder wie beispielsweise Belgien, Frankreich und der Schweiz. Mit dem Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz (ANK) soll gemeinsam vom Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF und vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz BMUV ein eigenständiges Forschungsprogramm aufgelegt werden, das stärker und gezielter als bisher Synergien zwischen Natur- und Klimaschutz schaffen soll.

Um zur Eingangsfrage zurückzukommen: Wie können Biodiversität und Ökosysteme vor dem Hintergrund der globalen Umweltänderungen als Lebensgrundlage für den Menschen stabilisiert werden? Viele Vorschläge liegen auf dem Tisch: die konsequente Berücksichtigung von Biodiversitätsbelangen in allen Politikbereichen, der Einsatz naturbasierter Lösungen für die Klimakrise, die Wiederherstellung degradierter Ökosysteme und die Ausweitung der Schutzgebiete an Land und auf See sind nur einige Beispiele für die diskutierten Lösungsansätze. Hier können ökonomische Anreizmechanismen eine wichtige Rolle spielen, besonders wenn ihre Wirksamkeit, Kosteneffizienz und Sozialverträglichkeit sichergestellt sind. Um die wissenschaftliche Basis für einen effizienten Biodiversitätsschutz weiter zu stärken, sind leistungsfähige Monitoringsysteme zur laufenden Erfassung von Zustand und Trends der Biodiversität erforderlich. Weitere Fortschritte bei den Bemühungen zur Erhaltung der biologischen Vielfalt sind von geplanten europäischen und nationalen Förderbekanntmachungen zu erwarten, die unter anderem die Interaktionen von Biodiversität und menschlicher Gesundheit sowie den Einsatz von KI in der Biodiversitätsforschung in den Fokus nehmen könnten. Um den Transfer wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Praxis zu verbessern, muss die Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Politik ausgebaut, die Wissenschaftskommunikation ausgeweitet, müssen Formate des gesellschaftlichen Dialogs und zur Politikberatung aufgesetzt sowie die Anstrengungen zur Einbindung von Interessengruppen und zur Förderung von Citizen Science intensiviert werden. Nur so können in Gesellschaft, Politik und Wissenschaft erarbeitete Lösungen ihren Weg in die Umsetzung finden, um für mehr Resilienz unserer Biosphäre zu sorgen.

Literatur

Biosafety Unit (2021): Digital sequence information on genetic resources. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Online verfügbar unter https://www.cbd.int/dsi-gr/, zuletzt aktualisiert am 04.05.2022, zuletzt geprüft am 04.05.2022.

Bramel, Paula; Frey, Felix (2021): Global Strategy for the conservation and use of vanilla genetic resources. Bonn, Germany. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/355095429_Global_Strategy_for_the_conservation_and_use_of_vanilla_genetic_resources.

Braun, Jörg (2016): Infektionskrankheiten. In: Klinikleitfaden Intensivmedizin. 9. Auflage. Hrsg. v. Roland Preuss Jörg Braun. München: Elsevier.

Brown, Mark J.F.; Paxton, Robert J. (2009): The conservation of bees: a global perspective. In: Apidologie 40 (3), S. 410–416. https://doi.org/10.1051/apido/2009019.

CBD (2011): Nagoya Protocol on access to genetic resources and the fair and equitable sharing of benefits arising from their utilization to the convention on biological diversity. Text and annex. In: The Nagoya Protocol on access and benefit sharing of genetic resources.

CBD (2022a): Ecosystem Approach. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Online verfügbar unter https://www.cbd.int/ecosystem/, zuletzt aktualisiert am 05.05.2022, zuletzt geprüft am 05.05.2022.

CBD (2022b): Marine and Coastal Biodiversity. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Online verfügbar unter https://www.cbd.int/marine/, zuletzt aktualisiert am 05.05.2022, zuletzt geprüft am 05.05.2022.

Crop Trust (2019): Breathing New Life into the Global Crop Conservation Strategies - Crop Trust. Online verfügbar unter https://www.croptrust.org/science-blog/breathing-new-life-into-the-global-crop-conservation-strategies/, zuletzt aktualisiert am 29.03.2022, zuletzt geprüft am 03.05.2022.

Crop Trust (2021): Svalbard Global Seed Vault - Crop Trust. Online verfügbar unter https://www.croptrust.org/our-work/svalbard-global-seed-vault/, zuletzt aktualisiert am 23.08.2021, zuletzt geprüft am 04.05.2022.

Gilbert, Jack A.; O'Dor, Ronald; King, Nicholas; Vogel, Timothy M. (2011): The importance of metagenomic surveys to microbial ecology: or why Darwin would have been a metagenomic scientist. In: Microb Informatics Exp 1 (1), S. 5. https://doi.org/10.1186/2042-5783-1-5.

Glowka, Lyle (1995): The Deepest of Ironies: Genetic Resources, Marine Scientific Research and the International Deep Sea-bed Area. 9/4/95: IUCN paper.

Gunderson, Lance H. (2000): Ecological Resilience—In Theory and Application. In: Annu. Rev. Ecol. Syst. 31 (1), S. 425–439. https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.31.1.425.

Hammond, Andrew; Pollegioni, Paola; Persampieri, Tania; North, Ace; Minuz, Roxana; Trusso, Alessandro et al (2021): Gene-drive suppression of mosquito populations in large cages as

a bridge between lab and field. In: Nat Commun 12 (1), S. 4589. https://doi.org/10.1038/s41467-021-24790-6.

Heinrich, Michael; Scotti, Francesca; Andrade-Cetto, Adolfo; Berger-Gonzalez, Monica; Echeverría, Javier; Friso, Fabio et al (2020): Access and Benefit Sharing Under the Nagoya Protocol-Quo Vadis? Six Latin American Case Studies Assessing Opportunities and Risk. In: Frontiers in pharmacology 11, S. 765. https://doi.org/10.3389/fphar.2020.00765.

Husemann, Martin (2019): Insektensterben – Fakten, Ursachen und Lösungsansätze. In: Lynx, Bd. 2019, S. 5–9. Online verfügbar unter https://www.fs-hamburg.org/wp-content/uploads/PDF/LynxDruck_2019.pdf.

Imran, Muhammad (2020): Neonicotinoid Insecticides: A Threat to Pollinators. Unter Mitarbeit von R. P. Soundararajan und Chitra Narayanasamy (Ed). In: Trends in Integrated Insect Pest Management, Bd. 2020. Online verfügbar unter https://www.intechopen.com/chapters/70695.

IPBES (2018): The IPBES regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for Europe and Central Asia. Unter Mitarbeit von Rounsevell, M., Fischer, M., Torre-Marin Rando, A. and Mader, A. (eds.). Hrsg. v. ecretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Zenodo. Bonn, Germany. Online verfügbar unter https://ipbes.net/sites/default/files/2018_eca_full_report_book_v5_pages_0.pdf.

IPBES (2019a): Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.

IPBES (2019b): Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services. Unter Mitarbeit von S. Díaz, J. Settele, E. S. Brondízio, H. T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneth, P. Balvanera, K. A. Brauman, S. H. M. Butchart, K. M. A. Chan, L. A. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S. M. Subramanian, G. F. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnár, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razzaque, B. Reyers, R. Roy Chowdhury, Y. J. Shin, I. J. Visseren-Hamakers, K. J. Willis, and C. N. Zayas (Hrsg.). Hrsg. v. IPBES secretariat, Bonn, Germany.

IPBES (2020): Workshop Report on Biodiversity and Pandemics of the Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). Unter Mitarbeit von Daszak, P., Amuasi, J., das Neves, C. G., Hayman, D., Kuiken, T., Roche, B., Zambrana-Torrelio, C., Buss, P., Dundarova, H., Feferholtz, Y., Foldvari, G., Igbinosa, E., Junglen, S., Liu, Q., Suzan, G., Uhart, M., Wannous, C., Woolaston, K., Mosig Reidl, P., O'Brien, K., Pascual, U., Stoett, P., Li, H., Ngo, H. T. Hrsg. v. IPBES secretariat. Bonn, Germany. Online verfügbar unter https://zenodo.org/record/4311798#.YnPA8jVCSUk.

Jones, Nicola (2011): Human influence comes of age. In: Nature 473 (7346), S. 133. https://doi.org/10.1038/473133a.

Klein, Alexandra-Maria; Vaissière, Bernard E.; Cane, James H.; Steffan-Dewenter, Ingolf; Cunningham, Saul A.; Kremen, Claire; Tscharntke, Teja (2007): Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. In: Proceedings. Biological sciences 274 (1608), S. 303–313. https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721.

Krüß, Andreas; Nigmann, Ursula; Sukopp, Ulrich (2019): Rückgang der Insektenvielfalt – Fakten, Folgen und Handlungserfordernisse. In: Biol. Unserer Zeit 49 (5), S. 315–316. https://doi.org/10.1002/biuz.201970507.

Marselle, Melissa R.; Bowler, Diana E.; Watzema, Jan; Eichenberg, David; Kirsten, Toralf; Bonn, Aletta (2020): Urban street tree biodiversity and antidepressant prescriptions. In: Scientific reports 10 (1), S. 22445. https://doi.org/10.1038/s41598-020-79924-5.

Mathur, Sunil; Hoskins, Clare (2017): Drug development: Lessons from nature. In: Biomedical reports 6 (6), S. 612–614. https://doi.org/10.3892/br.2017.909.

Nayfach, Stephen; Roux, Simon; Seshadri, Rekha; Udwary, Daniel; Varghese, Neha; Schulz, Frederik et al (2021): A genomic catalog of Earth's microbiomes. In: Nature biotechnology 39 (4), S. 499–509. https://doi.org/10.1038/s41587-020-0718-6.

Persson, Linn; Carney Almroth, Bethanie M.; Collins, Christopher D.; Cornell, Sarah; Wit, Cynthia A. de; Diamond, Miriam L. et al (2022): Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities. In: Environmental science & technology 56 (3), S. 1510–1521. https://doi.org/10.1021/acs.est.1c04158.

Pörtner, H. O.; Scholes, R. J.; Agard, J.; Archer, E.; Arneth, A.; Bai, X. et al (2021): IPBES-IPCC co-sponsored workshop report on biodiversity and climate change. Hrsg. v. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) and Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Online verfügbar unter https://research-repository.uwa.edu.au/en/publications/ipbes-ipcc-co-sponsored-workshop-report-on-biodiversity-and-clima.

Richerzhagen, Carmen; Rodriguez de Francisco, Jean Carlo (2020): Herausforderungen des globalen Biodiversitätsschutzes. In: Aus Politik und Zeitgeschichte, 11/2020, S. 4–10. Online verfügbar unter https://www.bpb.de/shop/zeitschriften/apuz/305899/natur-und-artenschutz/.

Ries, Melanie; Reinhardt, Timm; Nigmann, Ursula; Balzer, Sandra (2019): Analyse der bundesweiten Roten Listen zum Rückgang der Insekten in Deutschland - Analysis of the German Red Lists to determine the decline of insect species. In: Natur und Landschaft 97 (6/7), S. 236–244. https://doi.org/10.17433/6.2019.50153697.236-244.

Sabine, C. L.; Feely, R. A.; Gruber, N.; Key, R. M.; Lee, K.; Bullister, J. L. et al (2004): The oceanic sink for anthropogenic CO2. In: Science 305 (5682), S. 367–371. https://doi.org/10.1126/science.1097403.

Schmitz, Stefan; Barrios, Rodrigo; Dempewolf, Hannes; Guarino, Luigi; Lusty, Charlotte; Muir, Janet (2021): Crop Diversity, its Conservation and Use for Better Food Systems. The Crop Trust Perspective. https://doi.org/10.48565/scfss2021-j983.

Stadlmann, Doris; Adelmann, Wolfram (2019): Insektensterben: Dramatische Ergebnisse erfordern schnelles Handeln. Ein Tagungsrückblick. In: Anliegen Natur 2019 (41:1). Online verfügbar unter https://www.zobodat.at/pdf/AnliegenNatur_41_1_2019_0017-0024.pdf.

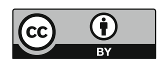
Steffen, Will; Richardson, Katherine; Rockström, Johan; Cornell, Sarah E.; Fetzer, Ingo; Bennett, Elena M. et al. (2015): Sustainability. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. In: Science (New York, N.Y.) 347 (6223), S. 1259855. https://doi.org/10.1126/science.1259855.

Subbaraman, Nidhi (2011): Science snipes at Oxitec transgenic-mosquito trial. In: Nature biotechnology 29 (1), S. 9–11. https://doi.org/10.1038/nbt0111-9a.

UNDP / UNEP / World Bank / WRI (2000): World resources 2000-2001. People and ecosystems : the fraying web of life. Unter Mitarbeit von C. Rosen, WRI, UNDP, UNEP and World Bank (Ed). Amsterdam, New York: Elsevier Science. Online verfügbar unter https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=230839.

WWF/IUCN (2001): The status of natural resources on the high-seas. Gland, Switzerland. Online verfügbar unter https://www.unclosuk.org/sites/unclosuk/files/documents/HIGH-SEAS.PDF.

Zaller, J. G. (2020): Insektensterben – inwiefern sind Pestizide dafür ver-antwortlich. In: Entomologica Austriaca (27), S. 285–295. Online verfügbar unter https://www.zobodat.at/pdf/entau_0027_0285-0295.pdf.



3 Auf dem Weg zu resilienten Pflegesettings: Soziotechnische Faktoren digitaler Transformationsprozesse

Maxie Lutze, Bettina Schmietow, Marius Müller

Um bessere Arbeitsbedingungen in der Pflege zu schaffen, bietet die Digitalisierung eine Fülle neuer Chancen. Bei der Einführung digitaler Technologien, die Resilienz in der Pflege stärken können, gilt es jedoch zu vermeiden, dass deren Anwendung zu einer zusätzlichen Belastungsquelle für das Pflegepersonal wird. Eine Analyse der komplexen Beziehungen in der Pflege verdeutlicht das Ausmaß der Herausforderung, eine pflegespezifische Resilienz zu verwirklichen. Denn der bisherige Fokus, der auf der Ausbildung individueller Resilienz liegt, ist unzureichend und muss um organisationale und systemische Aspekte ergänzt werden.

Eine bedarfs- und bedürfnisgerechte Langzeitpflege für pflegebedürftige Menschen ist eines der drängendsten Themen unserer Zeit (WHO 2015). Allerdings ist die Lage angespannt, wie empirische Studien im ambulanten und stationären Pflegesektor vielfach belegen. Die COVID-19-Pandemie hat die Lage noch verschärft.

Beruflich Pflegende sind in der Regel von der Sinnhaftigkeit ihrer Arbeit und von deren Relevanz überzeugt, da ihre Arbeit in Interaktion mit Menschen geschieht. Allerdings halten die vorherrschenden Arbeitsbedingungen – zu wenig Pflegende bei gleichzeitig ansteigender Anzahl Pflegebedürftiger sowie andere Auswirkungen der Ökonomisierung im Pflegewesen – wenig erfreuliche Arbeitsanforderungen bereit. Die überdurchschnittliche Anzahl von Krankheitstagen beruflich Pflegender ist ein Ausdruck davon. In den zurückliegenden Pandemiemonaten hat sich die Lage noch einmal verschärft. Aus einer ohnehin starken Belastung wurde Überforderung, die in vielen Fällen zu einem Ausscheiden aus dem Pflegeberuf führte. Die notwendigen Ressourcen für eine Kompensation der zusätzlichen Anforderungen konnten in der Krisenlage aufgrund nicht vorhandener Schutzmechanismen häufig nicht ausreichend mobilisiert werden.

Eine niedrige Bewertung der Arbeitsqualität von professionellen Pflegekräften alarmiert bereits seit längerem auch eine größere Öffentlichkeit. Wesentliche Ursachen sind sowohl ein hohes Arbeitstempo und hohe Arbeitsintensität als auch hohe körperliche Anforderungen sowie emotionale Belastungen (Institut DGB-Index Gute Arbeit 2018). Empirische Untersuchungen verweisen darauf, dass auch schon vor der



V. Wittphal, *Resilienz*, https://doi.org/10.1007/978-3-662-66057-7_3

COVID-19-Pandemie etwa jede fünfte Person im Pflegesektor an Symptomen von Depression und Angststörungen litt (Morawa et al. 2021).

Die sich seit mehreren Jahren zuspitzende Situation erfordert ein zügiges und nachhaltiges Eingreifen mit dem Ziel, Pflegesettings neu zu gestalten, die Arbeitsbedingungen zu verbessern und dabei zu helfen, eine qualitativ hochwertige Pflege durch innovative Pflegekonzepte zu gewährleisten. Für eine nachhaltige pflegerische Versorgung gilt es deshalb, den umfangreichen Belastungen Pflegender mit mehr Ressourceneinsatz zu begegnen und das bestehende Ungleichgewicht im Pflegewesen mit transformativen Maßnahmen in eine neue Balance zu bringen – verbunden mit dem Anspruch, die Resilienz beteiligter Individuen sowie Personengruppen zu stärken.

Allerdings ist bislang wenig erforscht, welche Aspekte für einen pflegespezifischen Resilienzbegriff bedeutsam sind. Hier wird Resilienz als das Vorhandensein von Mechanismen verstanden, die einzelne Personen oder soziale Gruppen schwierige Situationen bewältigen lassen sowie das Maß, wie gut Personen und soziale Gruppen sich an auch kurzfristig wandelnde Realitäten anpassen, sich von längerfristigen Belastungen erholen und dabei vorhandene oder neue Möglichkeiten nutzen können. Damit steht Resilienz nicht nur für Bewältigung, sondern ebenso für systematische Erneuerungs- und Veränderungsfähigkeit. Resiliente Pflegesettings sind in diesem Zusammenhang als soziotechnische Herausforderungen zu verstehen, bei denen es um die Wirkung von Technologien auf einzelne Pflegepersonen geht, um deren Pflegeverständnis und Kohärenzgefühl sowie um Pflegeteams und Pflegebedürftige im Sinne einer Team- bzw. Kooperationsresilienz. Eine zusätzliche Anforderung für Resilienz resultiert aus der Einführung und Anwendung digitaler Technologien in Pflegeprozessen. Hierbei geht es auch um digitale Resilienz als individuelle Anpassungsfähigkeit im digitalen Wandel generell. In diesem Zusammenhang sind jedoch vor allem personen- und organisationsbezogene Rahmenbedingungen wichtig, die eine digitale Resilienz fördern und somit eine Überforderung durch digitale Technologien in Pflegesituationen vermeiden können. Es geht also wesentlich um Technostress, weniger um eine originär technische Resilienz wie beispielsweise bei Cybersecurity.

Die Rolle digitaler Technologien für die Gestaltung von Pflegesettings wurde in den vergangenen Jahren vielfach diskutiert, häufig verbunden mit dem Anspruch, Pflegende zu entlasten und Pflegebedürftige in ihrer Selbstständigkeit zu unterstützen. Nicht selten wurde dabei jedoch auch deutlich, dass Technologie abgelehnt oder gar als Stressor erlebt wird – unter anderem durch die Störung des Kohärenzgefühls, also der Empfindungsfähigkeit einer Person für die stimmige Verbundenheit mit sich selbst und dem Pflegeumfeld, die zur Stressresistenz beiträgt. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie es gelingen kann, dass der Einsatz digitaler Technologien bestehende Herausforderungen nicht vervielfacht, sondern als Ressource zur Gestaltung resilienter Pflegesettings beträgt – und welche Einflussfaktoren dabei zu berücksichtigen sind.

Resilienzförderung im Pflegesektor

Bisherige Maßnahmen zur Resilienzförderung in der Pflege zielen überwiegend drauf ab, Symptome wie Depressionen und Angststörungen bei den pflegenden Personen zu verhindern und deren psychische Gesundheit zu fördern. Dafür kommen beispielsweise Achtsamkeitstrainings zur Stressreduktion und kognitiv-verhaltensorientierte Therapieformen zur Anwendung (vgl. u. a. Mealer et al. 2017; Johnson et al. 2015). Konzepte und Maßnahmen dieser Art setzen also vorrangig bei den individuellen Ressourcen an, indem sie das Vermögen der Pflegenden stärken sollen, mit Belastungen umzugehen. Damit verorten sie die Verantwortung für und die Anforderungen an Resilienz überwiegend beim Pflegepersonal. Belastungen auf der Systemebene, die etwa aus einer Zunahme pflegeferner Aufgaben, Engpasssituationen oder gesteigertem Arbeitstempo resultieren, werden hierbei nicht in Erwägung gezogen. Zu diesen Belastungen zählen zum Beispiel auch mangelnde Anerkennung und Wertschätzung der Arbeit, wie sie etwa in niedriger Entlohnung zum Ausdruck kommt. Desgleichen ignorieren die auf das Individuum zielenden Maßnahmen zur Resilienzförderung wichtige Aspekte auf organisationaler Ebene wie quantitative Arbeitsanforderungen, Überstunden, Schichtdienste, fehlende Möglichkeiten bei der Arbeitsgestaltung, körperliche Beanspruchungen oder Gefahren einer COVID-19-Infektion.

Ganz offensichtlich ist eine alleinige Stärkung individueller Aspekte nicht ausreichend. Das Bestreben der Förderung von Resilienz muss die Pflege in ihrer Komplexität erfassen: Es gilt, auf die Interaktion zwischen individueller Ebene und den strukturellen Gegebenheiten der organisationalen Ebene sowie den sozialen, politischen, rechtlichen und ökonomischen Aspekten der Systemebene für eine Gestaltung gesunder Arbeitsbedingungen einzuwirken.

Stand der Digitalisierung in der Langzeitpflege und Merkmale der Pflegearbeit

Will man die Pflege mit Hilfe digitaler Technologien resilienter gestalten, ist es unabdingbar, zunächst den vorherrschenden Stand der Digitalisierungsbestrebungen sowie die Merkmale der Pflegearbeit zu analysieren.

Lückenhafte Digitalisierung in der Pflege

Im Vergleich zu anderen Branchen wird das Pflegewesen im Allgemeinen eher als Low-tech-Bereich wahrgenommen, weil die soziale Interaktion im Zentrum steht. Dennoch: Technologie, Digitalisierung und Pflege gehören im Versorgungsalltag zunehmend untrennbar zusammen. Wurde die Pflege in der Vergangenheit bei der Gestaltung der Gesundheitsversorgung der Zukunft und somit auch im Bereich der Digitalisierung vielfach außen vor gelassen, ändert sich das Bild inzwischen zusehends: durch Maßnahmen in Eigenregie, anhand von Förderprojekten verschiedener Ministerien oder aufgrund gesetzlicher Entwicklungen wie z. B. des Pflegepersonal-Stärkungs-Gesetzes oder des Digitale-Versorgung-und-Pflege-Modernisierungs-Gesetzes (s. Abb. 3.1).

Technikeinsatz in Langzeit-Pflegeeinrichtungen 

- überwiegend im Bereich Verwaltung und Organisation, z. B. Leistungsabrechnung
- kaum in der Pflegeversorgung
- vollstationäre Bereiche stärker als teilstationäre und ambulante Bereiche durch Digitalisierung geprägt
- häufig in der stationären Pflege aufzufinden:
  - Systeme, die Pflegefachpersonen körperlich entlasten, z. B. Personenlifter
  - Sensorsysteme, z. B. Sensormatten zur Sturzerkennung
  - computergestützte Systeme, z. B. therapeutische Wii-Spiele
- Robotik, z. B. automatische Esshilfen, eher vereinzelt im Einsatz
- sektorenübergreifender digitaler Austausch etwa zwischen den Pflegeeinrichtungen und Hausärzt:innen findet bislang mehrheitlich nicht statt
- Telematikinfrastruktur soll bei der sektorenübergreifenden Kommunikation Abhilfe schaffen

Abb. 3.1 Fakten zum Technologieeinsatz in der Langzeitpflege nach Braeseke et al., 2020. (eigene Darstellung)

Doch trotz voranschreitender Digitalisierung und zunehmendem Technologieeinsatz im Pflegewesen kennen Fachkräfte die damit verbundenen Probleme: Zum Beispiel Finanzierungsprobleme, geringe Akzeptanz bei älteren Beschäftigten oder hoher Zeitaufwand für die Einarbeitung bei der Einführung digitaler Technologien (Braeseke et al. 2020). Auch die doppelte Dokumentation der Arbeit, elektronisch und auf Papier, wie sie noch häufig im ambulanten Bereich gang und gäbe ist, wird als Problem benannt. Eine mangelnde Interoperabilität zwischen verschiedenen Systemen und deren oftmals geringe technische Ausgereiftheit gehören ebenfalls in diese Mängelliste. Darüber hinaus wird der Umgang mit Daten, deren Schutz und Sicherheit immer wieder als wunder Punkt genannt (Fuchs-Frohnhofen et al. 2018). Eine mangelnde Akzeptanz bei den Pflegebedürftigen wird hingegen selten als Grund angegeben.

Interaktion als Kern der Pflegearbeit

Pflegearbeit ist geprägt durch personennahe Tätigkeiten am und mit dem Menschen und weist im Kern zwei Dimensionen auf: die Interaktionsarbeit und die wissens-

basierte Arbeit. Interaktionsarbeit umfasst die Zusammenarbeit des Pflegepersonals mit Pflegebedürftigen sowie weiteren relevanten Personen, wie Ärztinnen und Ärzten oder Angehörigen. Hinzu kommt die Gefühlsarbeit, bei der der Umgang mit der emotionalen Verfassung der Pflegebedürftigen im Zentrum steht. Diese Interaktionsarbeit mit dem Ziel, die Pflegebedürftigen zu stärken, ist für Pflegende emotional herausfordernd, denn sie erfordert sowohl eine gefühlsbetonte, offene, situative und wenig vorstrukturierte Vorgehensweise als auch einen angemessenen Umgang mit den eigenen Empfindungen (Böhle et al. 2015). Dabei ist sie außerdem nur begrenzt planbar, denn ob Pflegebedürftige oder Angehörige – das Gegenüber hat häufig situationsbezogene und daher nicht vorhersehbare Bedürfnisse. Diese geringe Planbarkeit der Interaktionsarbeit ist psychisch extrem fordernd, weil sie effiziente, standardisierte Arbeitsprozesse kaum zulässt.

Die wissensbasierte Arbeit umfasst das pflegerisch-medizinische Handeln, das auf wissenschaftlichen Erkenntnissen beruht. Dabei besteht die Anforderung, dass Pflegekräfte ihr professionelles Handeln und die auf allgemeingültigen Regeln beruhende wissensbasierte Arbeit mit den Besonderheiten und Bedürfnissen des Einzelfalls verbinden. Zusätzlich zu diesen personennahen Tätigkeiten stellt die planmäßig rationale Arbeit einen wesentlichen und zeitintensiven Teil der Pflegearbeit dar. Hierzu zählen die pflegefernen Tätigkeiten und Routineaufgaben mit administrativem Charakter, etwa die Dokumentation von Leistungsnachweisen (Böhle 2018).

Digitale Resilienz als soziotechnische Herausforderung der Pflegearbeit

Der zunehmende Einzug digitaler Werkzeuge in Pflegesettings folgt dem Ziel, die Resilienz pflegerischer Strukturen gegenüber anwachsenden Herausforderungen zu stärken. Allerdings lässt sich dieses Ziel nicht im Selbstlauf erreichen. Es ist erforderlich, sich sowohl auf individueller und sozialer als auch organisationaler Ebene mit der Nutzung digitaler Technologien und deren Einfluss auf das Pflegegeschehen auseinanderzusetzen (s. Abb. 3.1). Besonderes Augenmerk ist darauf zu richten, dass die digitale Transformation von Pflege- und Versorgungsprozessen nicht zu einer doppelten Belastung für Personal und Organisationen wird (Ward et al. 2011). Somit ist ein holistischer Ansatz nötig, um Determinanten des Resilienzkonstrukts auf den verschiedenen Ebenen zu erfassen und anzusprechen (s. Abb. 3.2).

Für eine nachhaltige Digitalisierung im Pflegebereich sowie eine verlässliche Orientierung bei der Gestaltung der Ebenen – individuell, sozial, organisational – sind stabile Rahmenbedingungen von zentraler Bedeutung. Dazu zählen eine verlässliche Finanzierungsgrundlage, klare Regularien und transparente Strukturen ebenso wie eine pflegenahe Kommunikationsfähigkeit, die auf Augenhöhe erfolgt. Unerlässlich ist eine digitale Infrastruktur, auf die Organisationen sowohl im stationären als auch ambulanten Bereich aufsetzen können und die dadurch gekennzeichnet ist, dass sie gegen Ausfälle aller Art, insbesondere gegen Cyberangriffe, geschützt ist. Vertrauen

Individuum	Team	Organisation	System
› Kompetenzen	› Kommunikation	› Einführung von digitalen Technologien	› Finanzierung/Förderung
› Kohärenzempfinden	› Interaktion	› Mitbestimmung der Mitarbeitenden	› Klare Regularien
› Selbstwirksamkeit	› Vertrauen	› Rollenverteilung	› Kommunikation
› Kontrollgefühl		› Führung	› Transparente Strukturen
› Gestaltungsspielraum		› Transparenz	› Digitale Infrastruktur
› Reduzierung der Arbeitsverdichtung		› Digitale Infrastruktur	› Netzwerkverbindung
› Qualität und Sicherheit der Arbeit		› Vertrauen	› Vertrauen
› Vertrauen			

Abb. 3.2 Vier Ebenen für die Gestaltung von Resilienz im digitalisierten Pflegebereich

in die digitale Infrastruktur entsteht, wenn sie jederzeit den Austausch mit anderen Einrichtungen beispielsweise in Wissenschaft und Politik (Netzwerkverbindungen) auch kurzfristig ermöglicht.

Individuelle Ebene

Aus der Forschung ist bekannt, dass Veränderungsprozesse hin zur digitalen Arbeitswelt in hohem Maß als Belastung wahrgenommen werden (Califf et al. 2020). Diese negative Wahrnehmung steht auch in der Pflege einem effektiven und bedarfsgerechten Wandel entgegen, der zu großen Teilen von der aktiven Mitwirkung und Mitgestaltung der Führungspersonen und des Pflegepersonals abhängt. Es gilt also, diesen Personenkreis zu befähigen, ihren Teil zum Erfolg innovativer Pflegeprozesse unter Nutzung digitaler Technologien und Hilfsmittel beizutragen (Ricciardi et al. 2019). Das pflegerische Fachpersonal und die individuelle Fähigkeit, Veränderungsprozesse mitzutragen und mitzugestalten, ist somit entscheidender Erfolgsfaktor dieses soziotechnischen Wandels.

Die Einführung sowie die nachhaltige und effektive Nutzung digitaler Technologien in Pflegeprozessen bedarf ihrerseits eines hohen Maßes an Anpassungsfähigkeit des Pflegepersonals an die digitalisierte Arbeitswelt. Auf individueller Ebene stellen sich Fragen nach der Bereitschaft zur dauerhaften Nutzung (Bhattacherjee und Hikmet 2007) und nach den notwendigen Handlungskompetenzen – sprich der Nutzungsabsicht und tatsächlichen Nutzung und dem dafür notwendigen prozess- und technologiebezogenen Wissen für die technologisierten Arbeitsweisen (Kim und Kankanhalli 2009). Um nun Handlungsabsichten und Verhaltensweisen zur Nutzung

digitaler Technologien im Pflegewesen zu unterstützen gilt es, individuelle Faktoren zu analysieren, welche dieses Verhalten begünstigen. Dazu gehört zum Beispiel die Absicht der Pflegenden, qualitativ hochwertige und sichere Arbeit zu leisten.

Schon vorhandene Kompetenzen im Umgang mit digitalen Werkzeugen sind maßgeblich für die Entwicklung einer positiven Einstellung gegenüber dem Technologieeinsatz auch im Pflegekontext (Gürdaş Topkaya und Kaya 2014). Diese positive Einstellung sorgt wiederum für effektive und nachhaltige Prozesse und steht somit im Zentrum resilienter Pflegesettings. Neben dem tatsächlichen Kompetenzniveau hat aber auch die empfundene Selbstwirksamkeit im Umgang mit Computern und digitalen Werkzeugen – also die individuelle Überzeugung, Technologien effektiv und kompetent anwenden zu können (Compeau und Higgins 1995) – einen positiven Einfluss auf das individuelle Technologieakzeptanzverhalten im Klinik- und Pflegekontext (vgl. Hsiao et al. 2011; Aggelidis und Chatzoglou 2009; Wu et al. 2007). Wichtig dabei ist es ebenso, die berufsbezogene Selbstwirksamkeit zu unterstützen, indem die Nutzerinnen und Nutzer der Technologie die Kontrolle über die Ausgestaltung ihrer Pflegearbeit und das damit verbundene Kohärenzgefühl beibehalten.

Mit dem Einsatz digitaler Technologien in der Interaktionsarbeit ist die Gefahr verbunden, dass es zu einer übermäßigen Formalisierung und Standardisierung der Tätigkeiten kommt, die den situativen Bedürfnissen des Einzelfalls widersprechen (Hacker 2018). Formalisierung und Standardisierung beeinträchtigen die zwischenmenschliche Interaktion und verletzen den identitäts- bzw. sinnstiftenden Kern der Pflege. Wie bereits aus anderen Branchen bekannt, besteht auch in der Pflege das Risiko, dass das Zusammenwirken von teilweise oder vollständig automatisierten Systemen und Menschen ein zu geringes oder überschwängliches Vertrauen in Automation evoziert und zudem den Verlust des Situationsbewusstseins bzw. manueller Fertigkeiten nach sich ziehen kann (Manzey 2008). Auch besteht die Gefahr, dass sich die Technologie im Pflegealltag gewissermaßen zwischen die pflegende und pflegebedürftige Person schiebt. Demzufolge ist ein entscheidender Gestaltungsaspekt, dem pflegerischen Fachpersonal keine starren digitalen Strukturen und damit Arbeitsweisen vorzugeben, sondern darauf zu achten, dass Spielräume für professionelles Handeln erhalten bleiben. Die Nutzung digitaler Technologien ist folglich als Mittel zu betrachten, die Ausübung pflegerischer Tätigkeiten angesichts des aktuell herrschenden Übermaßes an Pflegebedarf überhaupt zu ermöglichen und deren Qualität beizubehalten beziehungsweise zu verbessern. So können digitalisierte Arbeitsweisen letztlich auch dem Selbstanspruch guter Pflege gerecht werden.

Interaktionen, die als Beziehung zwischen Menschen einen identitätsstiftenden Charakter haben, werden in digitalen Pflegesettings zunehmend technologisch vermittelt. Dabei lässt sich das Ausmaß dieser digitalen Mediation entlang eines Kontinuums feststellen; ausgehend von einer digitalen Unterstützung analoger Pflegeprozesse, beispielsweise mittels eines digitalen Blutdruckmessgeräts, bis hin zu einer vollstän-

digen Substituierung des zwischenmenschlichen Kontakts etwa durch den Einsatz eines Roboters (Kataria und Ravindran 2018). Dieses Ausmaß an Möglichkeiten hat im konkreten Detail einen großen Effekt auf die Bereitschaft des Pflegepersonals digitale Technologien zu nutzen. Deren Einsatz sollte daher immer kontext- und situationsabhängig sowie in manchen Fällen sogar individuell bezogen auf die zu pflegende Person abgewogen werden. Eine pauschale Digitalisierung bestehender Versorgungsprozesse ohne deren fachliche Reflexion und Anpassung ist nicht zielführend und kann zu Mehraufwand und letztlich Ablehnung führen (Salisbury et al. 2020).

Ein weiteres in der Forschung umfangreich behandeltes Thema ist die Frage nach dem individuellen Vertrauen in Technologie. Offenkundig hat die Vertrauenswürdigkeit der Technologiequelle bzw. der bereitstellenden Organisation eine große Bedeutung, wenn es darum geht, Bedenken hinsichtlich Sicherheit und Privatheit bei der Nutzung digitaler Technologien zu zerstreuen. Es ist bekannt, dass ein gesteigertes Vertrauen in die Technologie einen großen Einfluss auf die Akzeptanz und nachhaltige Nutzung digitaler Werkzeuge im Gesundheitswesen hat (vgl. Dhagarra et al. 2020). Vertrauen in Technologie kann auch durch das Co-Design digitaler Lösungen unter Einbeziehung der Nutzerinnen und Nutzer – hier des Pflegepersonals – im Entwicklungsprozess gesteigert werden (Raeve et al. 2021), wie aktuelle Beispiele belegen (Grynne et al. 2021).

Vertrauen in die Anwendung einer Technologie ist zudem davon abhängig, ob ein institutionelles und kollektives Vertrauen in den Arbeitgeber besteht (Vance et al. 2008). Eine positive Verbindung dieser beiden Vertrauensebenen ist wahrscheinlich (Lippert und Michael Swiercz 2005), sodass ein positives Verhältnis zwischen Pflegepersonal und der übergeordneten Organisation zu einer erhöhten Resilienz im Rahmen digitaler Wandlungsprozesse führen kann. In der Wissenschaft hat die Frage nach dem Vertrauen des Pflegepersonals in Vorgesetzte, welche Technologien in der Organisation einführen, bislang wenig Aufmerksamkeit erhalten. Dabei ist diese Vertrauensbeziehung Grundlage für effektive Arbeitsweisen und eine gute Arbeitsatmosphäre.

Digitale Handlungskompetenzen auf Seiten der Führungskräfte erzeugen Vertrauen bei Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, ebenso ein transparenter Umgang mit dem digitalen Wandel wie mit etwaigen Hürden, Zielen oder Erwartungen (Hadi-Moghaddam et al. 2021). So ist es zum Beispiel wichtig, dem Pflegepersonal, also den Nutzerinnen und Nutzern, die Funktionsweise neuer Technologien zu erklären und aufzuzeigen, wie sie sie in den Arbeitsalltag integrieren können. Dabei muss beachtet werden, dass das individuelle Kohärenz- und Kompetenzempfinden dadurch nicht beeinträchtigt wird. So eröffnen digitale Arbeitsprozesse durch eine erhöhte Effektivität und Effizienz Räume zur Ausübung guter und kohärenter Pflegearbeit, beispielsweise in Form intensiverer Kontakte mit zu Pflegenden. Wenn der autonome und kohärente Arbeitsstil und die damit einhergehend empfundene Selbstwirksam-

keit der Pflegenden aufrechterhalten wird, lässt sich letztlich das Vertrauen in das digital erweiterte Arbeitsumfeld sogar steigern.

Organisationale und Team-Ebene

Um resiliente Pflegesettings zu schaffen, muss neben der individuellen Ebene auch die organisationale Ebene beleuchtet werden. Dabei sind der Austausch von Informationen und Kommunikation von zentraler Bedeutung, um die Versorgung Pflegebedürftiger sicherzustellen, die psychische Belastung Pflegender zu balancieren und somit zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen insgesamt beizutragen (Lutze et al. 2021). Im Mittelpunkt steht die digitale Dokumentation. Um im Pflegeprozess unterstützend zu wirken, sind die Vollständigkeit erfasster Daten und eine zeitnahe Dokumentation unabdingbar. So lassen sich Veränderungen bis hin zu Notfällen frühzeitig erkennen. Wenn durch digitale Dokumentations- und Kommunikationssyteme alle relevanten Informationen rasch verfügbar sind und ein Informationsfluss auch über strukturelle, institutionelle und hierarchische Grenzen hinweg gegeben ist, greifen Arbeitsprozesse effizienter ineinander. Zudem steigt aufgrund der allgegenwärtigen Verfügbarkeit pflegerelevanter Informationen in der Pflegearbeit die Evidenz für Interventionen – und das bedeutet mehr Ausführungssicherheit (ebd.).

Über eine digitale Pflegedokumentation, gestützt auf mobilen oder mehrfach stationär angebrachten Endgeräten, entsteht eine Situation, in der alle Informationen über die generelle wie auch die aktuelle Lage der zu pflegenden Person am Point of Care verfügbar sind. Ein einheitlicher digitaler Datenfluss stellt zudem sicher, dass alle Pflegefachpersonen die notwendigen Informationen in Echtzeit nutzen können. Auf diese Weise werden Missverständnisse vermieden, Übergaben erleichtert und die Effektivität und Effizienz der Arbeit insgesamt gesteigert. Das gilt gleichermaßen für die Interaktion mit weiteren Akteuren des Gesundheitswesens, etwa dem medizinischen Personal in anderen Bereichen des Gesundheitswesens oder den Angehörigen pflegebedürftiger Personen.

Schließlich können auch Sensorsysteme helfen, Unwägbarkeiten im Pflegealltag vorzubeugen. Sie ermöglichen eine bessere Planbarkeit, weniger Gehetztsein und die Möglichkeit, früh- bzw. rechtzeitig reagieren zu können. Die Verfügbarkeit automatisch erfasster Daten trägt dazu bei, anlassbezogen handeln zu können, also dann pflegerisch tätig zu werden, wenn der Bedarf angezeigt wird. So können Pflegefachpersonen rechtzeitig auf Alarme reagieren, wenn sich beispielsweise zu Pflegende nicht ausreichend selbst bewegen (Dekubitusprophylaxe), sich bei Sturzgefährdung bewegen (Sturzprävention), bei Einschränkungen der Orientierungsfähigkeit einen definierten Bereich verlassen (GPS-Ortung) oder wenn Sensoren einen kritischen Feuchtegrad des Inkontinenzmaterials ermitteln. Statt einer routinemäßigen Überprüfung des Ist-Standes in festen Zeitintervallen wie in der Vergangenheit üblich und

notwendig, können so dank digitaler Hilfstechnologien in der Zwischenzeit andere Tätigkeiten erledigt werden. Damit allerdings diese positiven Effekte besserer Informiertheit und Kommunikation zum Tragen kommen, sind grundlegende Voraussetzungen erforderlich, wobei die Dokumentation am pflegerischen Tun und weniger an nachweispflichtigen und abrechnungsrelevanten Punkten orientiert sein sollte. Zu diesen Voraussetzungen zählen die Entwicklung einer soliden Praxis des Dokumentierens sowie ein Handeln ohne Überwachungs- und Kontrollcharakter, indem zum Beispiel Abweichungen von der Maßnahmenplanung weniger als Alarmsignale verstanden werden, sondern eher Anlass für ein Nachjustieren der Planung sind. Demzufolge ist die jeweilige Organisationskultur zu einem großen Anteil dafür verantwortlich, wie gut der Wandel in einer Pflegeeinrichtung gelingt (ebd.).

Um die Arbeitsbedingungen durch die Einführung von Technologien zu verbessern und den Mitarbeitenden nicht zusätzliche Lasten aufzubürden, gilt es, weitere Kernbestandteile der Pflegearbeit zu berücksichtigen. So kann die wissensbasierte und körperliche Arbeit erheblich vom Einsatz digitaler Technologien profitieren. Über digitale Dokumentations- oder Sensorsysteme können fundierte Informationen über die Pflegebedürftigen erfasst und damit die Pflegeplanung sowie die Bewertung der Pflegeergebnisse verbessert werden. Auch Vorhersagen über den weiteren Entwicklungsverlauf sind auf einer breiten Informationsbasis eher möglich. Nicht zuletzt vervielfältigt der Einsatz unterschiedlicher Technologien die Optionen für pflegerische Interventionen, wobei das Wissen darüber, für welchen Einzelfall ein System geeignet ist und welche Wirkung sich daraus ergeben kann, bei den Pflegenden eine zentrale Voraussetzung ist. Im öffentlichen Diskurs über den Technologieeinsatz in der Pflege gilt das planmäßig-rationale Handeln aufgrund des höheren Standardisierungsgrades als jener Teil der Pflegearbeit, der durch Technologie unterstützt oder bisweilen sogar komplett ersetzt werden kann. So erleichtert die digitale Dokumentation beispielsweise den Prozess der Leistungserfassung oder die Bestellung von Medikamenten und verringert damit den Arbeitsaufwand in erheblichem Maß. Im Sinne einer geeigneten Aufgabenvielfalt ist bei der Arbeitsgestaltung auf Art und Maß der Substitution zu achten.

Daneben trägt das organisationale sowie soziale Umfeld des Pflegepersonals dazu bei, ob und wie digitale Technologien im Arbeitsalltag bewertet und genutzt werden (vgl. Schwalb und Klecun 2019). So bestimmen soziale Norm- und Wertevorstellungen im Team und der übergeordneten Organisation wesentlich darüber, wie sich Fachkräfte als künftige Nutzerinnen und Nutzer digitalen Arbeitsweisen nähern. Maßgeblichen Einfluss hat auch der organisationale Rückhalt bei der Umsetzung neuer technologisierter Prozesse (Kim und Kankanhalli 2009). Diese Form der Unterstützung, beispielsweise Schulungen oder technischer oder psychosozialer Support, kann Widerstände zur Nutzung auf Seiten der Anwenderinnen und Anwender überwinden (Huang 2015). Auch ein transparenter Umgang mit Erwartungen und ab-

sehbaren Herausforderungen kann einen positiven Effekt auf die notwendige Bereitschaft zum Erlernen und Nutzen digitaler Tools haben. Darüber hinaus legen Studien nahe, dass ein entsprechender Führungsstil sowie ein Mindestmaß an technologischem Know-how im Rahmen digitaler Transformationsprozesse vonnöten ist (Sow und Aborbie 2018).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich die Notwendigkeit zur Schaffung digitaler Anpassungsfähigkeit – die Herstellung von Resilienz – durch alle Hierarchien einer Pflegeorganisation zieht. Somit ist die Übernahme digitaler Prozesse keine Aufgabe, welche dem Pflegepersonal allein zukommt, sondern sie besteht organisationsweit. Durch die Kommunikation zu erwartender objektiver Erfolge, wie zum Beispiel effizientere Arbeitsabläufe oder die Evidenz technologiebasierter Interventionen, lässt sich auf der Ebene der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ein positives Verständnis für Veränderungen hin zu digitalisierten Prozessen wecken. Bei der Einführung von Technologien in Pflegeprozessen sollte folglich ein transparenter Umgang mit den Auswirkungen der digitalen Unterstützung herrschen, um das Kohärenzempfinden auf Ebene des Pflegepersonals aufrecht zu erhalten. Ebenso wie auf der individuellen Ebene beschrieben, ist dies möglich, indem Mehrwerte in der Pflegearbeit aufgezeigt werden, wie etwa die zeitliche Entlastung und der entstehende Freiraum für angemessenen Kontakt mit Pflegebedürftigen.

Bei der Akzeptanz und tatsächlichen Nutzung digitaler Technologien spielen subjektive Parameter, wie beispielsweise das individuelle Belastungs- und Kohärenzempfinden oder die Auswirkung auf persönliche Arbeitsroutinen, ebenfalls eine wichtige Rolle. Forschungsergebnisse legen nahe, bei der Einführung die effektive Nutzung von Technologien multidimensional zu begreifen und objektive mit subjektiven Faktoren zu kombinieren (Michie et al. 2017). Bisherige Studien fokussieren dabei vor allem auf die subjektive Wahrnehmung des Technologieeinsatzes, etwa wahrgenommene Vorteile und Aufwände (Maillet et al. 2015), Unterstützung am Arbeitsplatz oder bereitgestellte Gelegenheiten zur Weiterbildung (Leeuw et al. 2020). Daraus ergibt sich ein hoher Bedarf für weitere Forschungsarbeiten, welche objektive Maße, wie beispielsweise die Zeitersparnis im Pflegeprozess, integrieren und die Wechselwirkung mit subjektivem Empfinden untersuchen.

Um für eine Vereinbarkeit digitaler und analoger Prozesse und damit zusammenhängender Erwartungen, Präferenzen und Möglichkeiten Sorge zu tragen, ist es notwendig, die für die Pflege charakteristische Interaktionsarbeit, gerade in Zeiten digitaler Umstrukturierungen, im Einklang mit dem Pflegepersonal sowie den übergeordneten Organisationen um technologische Komponenten zu erweitern. In der Literatur zu Fragen bezüglich der Rolle der individuellen Identifikation und des beruflichen Selbstverständnisses im Rahmen der Technologienutzungs- und -akzeptanzforschung wird deutlich, dass die wahrgenommene Nützlichkeit einer Technologie mitunter von der

Veränderung des eigenen Selbstverständnisses beziehungsweise Selbstbilds abhängt (Mijin et al. 2019). Das Selbstbild kann hierbei definiert werden als „[…] das Ausmaß, in dem die Nutzung einer Innovation als Erweiterung des eigenen Images oder Status innerhalb des sozialen Systems wahrgenommen wird" (Moore und Benbasat 1991, S. 195).

Wie eine Befragung von Ärztinnen, Ärzten und Pflegenden zu deren Einstellung hinsichtlich der Nutzung elektronischer Gesundheitsakten ergeben hat, kann durch die Nutzung einer solchen digitalen Technologie das individuelle Selbstbild gestärkt und erweitert werden, sobald die Handlung den Normen und Erwartungen innerhalb der sozialen Gruppe – dem Kollegium oder dem Pflegewesen allgemein – entspricht (Mijin et al. 2019). Dies wiederum hat einen positiven Einfluss auf die Produktivität sowie den sozialen Zusammenhalt (Pfeffer 1982) und trägt somit zur Resilienz von Pflegepersonal und Organisationen bei. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit zur Schaffung eines technologieorientierten Berufsverständnisses in der Pflege, in dem der Einsatz innovativer Technologien als zentraler Bestandteil moderner Arbeitswelten als selbstverständlich erachtet wird und strategisch verankert ist.

Handlungserfordernisse und Strategien für die Pflege in der Zukunft

Digitalisierung und Technologieeinführung – ein „Technology Push" gilt in Politik, Wissenschaft und Wirtschaft bereits seit längerem als Chance für die zukünftige Gestaltung der Pflege. In den Einrichtungen der Pflege rangierte das Thema allerdings bisher häufig eher am Ende der Prioritätenliste, hinter Themen wie gesetzlichen Anforderungen an Qualitätsstandards oder Fragen der Personalbeschaffung. Mit aktuellen Entwicklungen, wie dem Digitale-Versorgung-und-Pflege-Modernisierungs-Gesetz (DVPMG), der Einführung digitaler Pflegeanwendungen oder im Bereich der Telematikinfrastruktur, erhält das Thema nun eine neue Aufmerksamkeit – unterstützt durch Aktionen, die direkt aus der Pflege kommen, wie beispielsweise das Bündnis „Digitalisierung in der Pflege"[1].

Im Zuge dieser Entwicklungen lässt sich festhalten, dass den skizzierten Herausforderungen, aber auch Potenzialen der digitalen Transformation des Pflegewesens mit Ressourcen und Maßnahmen auf verschiedenen Ebenen zu begegnen ist. So gilt es, für eine Entfaltung der Potenziale digitaler Technologien in der Pflege, den bisherigen verengten Fokus auf eine eigenverantwortliche individuelle Resilienz aufzuweiten. Die Komplexität der Herausforderungen durch sozio-digitale Transformation und Ökonomisierung erfordert ebenfalls eine vielschichtige Berücksichtigung von Resilienzfak-

[1] *https://deutscher-pflegerat.de/wp-content/uploads/2021/05/2021_Positionspapier_Verbändebündnis-Digitalisierung-Pflege.pdf.*

toren. Die Notwendigkeit eines mehrdimensionalen Herangehens stellt sich auch für die Forschung zur Technologieakzeptanz bzw. -nutzung. Hier gilt es, subjektive Maße wie Belastungsempfinden, Identifikation oder Jobzufriedenheit und objektive Maße wie Patienten pro Tag, Zeit pro Patient oder Anzahl der Komplikationen vereint zu betrachten und darüber hinaus mehr partizipative Forschungsansätze zu verfolgen.

Individuelle Faktoren, die unter anderem zu übermäßigem Stress, der Skepsis oder gar Ablehnung von neuen Technologien oder dem Verlust des Kohärenzgefühls Pflegender führen, sind in der Realität nicht isoliert wirksam, sondern häufig eng mit organisationalen und systemischen Aspekten verwoben. Um die schlummernden Potenziale der Digitalisierung freisetzen zu können, müssen jedoch zunächst bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein, wie etwa die Verfügbarkeit von Zeit und Freiräumen im Pflegealltag. Nur dann lassen sich Technologien aneignen. Auch ist ein angemessener Einsatz von Ressourcen in Form von Personal, Zeit, Geld und Infrastrukturen erforderlich. Unabdingbar sind auch notwendige Führungskompetenzen. Künftig stehen somit neben der Förderung individueller Gesundheit Strukturen, Prozesse und letztlich die Schaffung nicht nur resilienter Individuen, sondern die Schaffung resilienter Pflegesettings im Mittelpunkt.

Bei der Einführung neuer Technologien können diese Kontextfaktoren entscheidend zu deren Akzeptanz sowie einer effektiven und eigenmächtigen Nutzung beitragen. Hierbei spielt die Bereitstellung und Förderung von Know-how zur nachhaltigen und effektiven Anwendung digitaler Technologien in der Pflegepraxis eine wichtige Rolle. Die kompetente und partizipative Nutzung innovativer Technologien für Pflegeprozesse hängt dabei von verschiedenen Faktoren des Empowerments etwa im Hinblick auf die Gesundheits-, Digital- und Technologiekompetenz von Pflegenden und Führungspersonen ab – und des Vertrauens in die Technologien, um beispielsweise eine Balance gegenüber datenschutzrechtlichen und ethischen Bedenken herzustellen. Eine wichtige Rolle spielt auch das Selbstwirksamkeitsempfinden der Pflegenden sowohl bei der Pflegetätigkeit als auch bei der Technologienutzung. Ziel sollte es sein, dass Pflegende motiviert und befähigt sind, bereitgestellte Technologien kontinuierlicher zu nutzen und Behelfslösungen vermieden werden, sodass eine Integration in den Arbeitsalltag trotz etwaig auftretender Komplikationen zum Beispiel hinsichtlich Usability, Unverständlichkeit, komplexer Handhabung oder zunächst unklarem Nutzen schrittweise erfolgen kann.

Diese Aspekte der Umsetzung müssen auf Grundlage von Ressourcen der bereitstellenden Organisationen und den strukturellen Voraussetzungen auf systemischer Ebene geschehen. Unabhängig von Dimensionen der Befähigung sollte auch der schrittweise Einfluss digitalisierter Arbeitsweisen auf die individuelle Identifikation und das Selbstbild des Pflegepersonals in den Blick genommen werden. Die Kompatibilität von neueren digitalen mit bestehenden analogen Prozessen in der Pflege- und Gesundheitspraxis ist dafür die Grundlage. So können Technologien als Anreicherung

und nicht vorwiegend als Substituierung insbesondere der zwischenmenschlichen Prozesse wahrgenommen und die Bedürfnisse Pflegebedürftiger und Angehöriger im Blick behalten werden.

Welche Maßnahmen sind also hilfreich, um zu einer effektiven Nutzung von Digitalisierungspotenzialen in der Pflege zu kommen und damit zu deren Resilienzstärkung beizutragen? Auf der Organisationsebene kommt Führungskräften die entscheidende Rolle zu, Mitarbeitende an der Entwicklung einer Zielvision für die Einführung digitaler Technologien zu beteiligen. Es muss gemeinsam geklärt werden, was erreicht, verändert und verbessert werden soll sowie welche Möglichkeiten und Erwartungen mit dem Technologieeinsatz verbunden sind. Die jeweilige Erwartungshaltung sollte sowohl von den Führungskräften als auch den Mitarbeitenden deutlich kommuniziert werden: welche Ziele konkret erreicht werden sollen und wozu die Tools angeschafft werden und was bei Veränderungen von den individuellen „alten" Arbeitsweisen erhalten bleibt. Dafür ist es hilfreich, bestehende Prozesse zum Beispiel hinsichtlich des Datenflusses zu analysieren und entsprechende Anpassungspotenziale zu identifizieren.

Für die Beteiligung der Mitarbeitenden an diesem Prozess und gegebenenfalls auch der Pflegebedürftigen und deren Angehörigen sollten klare Strukturen bestehen. Klare Strukturen und Rollen sind bei der Einführung und Nutzung neuer Technologien auch zum Beispiel beim Auftreten technischer Probleme hilfreich. Zudem ist die Auswahl geeigneter Technologien und IT-Dienstleister ein zentraler Erfolgsfaktor; dabei kann die Kooperation mit anderen, schon weiter fortgeschrittenen Einrichtungen nützlich sein, um von deren Erfahrungen zu profitieren und zum Beispiel die eigene Verhandlungsposition gegenüber Anbietern zu stärken (Lutze et al. 2021).

Die schrittweise Einführung neuer Technologien hat den Vorteil, dass Zwischenbewertungen etwa auf Grundlage von Erfahrungs- und Zufriedenheitswerten der Mitarbeitenden vorgenommen werden können, um Fehlentwicklungen abzufangen. Der Lern- und Transformationsbereitschaft, die von Pflegenden erwartet wird, sollte auf Seiten der Führungskräfte eine Offenheit für Veränderung und Fehlerkultur sowie eine transparente Kommunikation der Ziele und möglicher erwarteter Auswirkungen beiseitestehen. Hierbei müssen entsprechende Freiräume für Pflegende geschaffen werden. Zum Beispiel durch ein Rotationsprinzip in der Pflegeplanung, das eine Freistellung für digitale Weiterbildung beinhaltet. Auch sollten digitale Technologien nicht im Wesentlichen zur Leistungsüberwachung eingesetzt werden. Gleichwohl ist zu bedenken, dass diese Freiräume angesichts des Fachkräftemangels in der Pflege gegebenenfalls mit einer Mehrbelastung anderer Mitarbeitender verbunden sind.

Vollständig umgesetzt werden können diese Maßnahmen für mehr Resilienz in der Pflege letztlich nur, wenn auch Anpassungen auf der Systemebene erfolgen. Und

auf der Grundlage einer nachhaltigen Politik, die das Gelingen innovativer Pflegekonzepte mithilfe digitaler Technologien und die Qualität von Pflege und Pflegearbeit nicht überwiegend an quantitative Indikatoren und Wirtschaftlichkeitserwägungen knüpft. Einer Politik also, die gezielt bessere Arbeitsbedingungen und Entlastungen für Pflegekräfte intendiert. So würden nicht zuletzt Freiräume für die fachliche Arbeit und Weiterqualifikation des Pflegepersonals geschaffen und schließlich auch das Wohlbefinden bzw. die Zufriedenheit der Pflegebedürftigen gesteigert.

Um die Rahmenbedingungen der digitalen Transformation in der Pflege richtig zu setzen, sind klare gesetzliche Vorgaben zum Ausbau der Infrastrukturen, den notwendigen Investitionsbudgets sowie dem Umgang mit Effizienzgewinnen vonnöten. Weitreichende und koordinierte Investitionen auf systemischer Ebene, also auf Ebene des Bundes, der Länder und Kommunen, sind elementar, jedoch im wohlfahrtsbasierten Pflegesektor nicht ohne Weiteres möglich. Im Unterschied zu anderen Branchen der Wirtschaft ist es unter anderem aufgrund des Abrechnungs- und Vergütungssystems in der Pflege nur in sehr geringem Umfang möglich, Einsparungen bei erfolgreicher Digitalisierung zu monetarisieren und zu nutzen (Lutze et al. 2021). Effektiv wären auch zentralisierte Informationsstrukturen beziehungsweise Anlaufstellen für die Einführung neuer Technologien, sodass systematisch Wissen aufgebaut und weitergegeben werden kann.

Hierbei wiederum gilt es, die speziellen Vorteile digitaler Technologien und Assistenzsysteme im Kontext zu erfassen, basierend auf nachvollziehbarem Nutzen und damit der Robustheit und Nachhaltigkeit der Technologien. So können sie eine breitere Informationsbasis aufgrund der Datenerfassung in digitalen Dokumentations- oder Sensorsystemen zur Verfügung stellen, welche wiederum für die Erfassung der Bedarfslage der Pflegebedürftigen, um Interventionsmöglichkeiten zu diversifizieren aber auch die Pflegeplanung oder die Verbesserung von Pflegeergebnissen relevant sind. Auf diese Weise kann zunehmend Wissen darüber generiert werden, in welchen Bereichen der Pflegepraxis eine verbesserte Standardisierung – beispielsweise eine stringente digitale Dokumentation – sinnvoll ist und wie damit die Pflegekräfte effektiv unterstützt werden können. Gleichzeitig kann eine verbesserte Evidenzlage aufgrund digitaler Infrastrukturen dazu beitragen, die systematische Nutzung in spezifischen Kontexten und Einzelfällen zu erleichtern.

Ein Beispiel für die Stärkung von Resilienz auf Basis eines solchen Herangehens sind digitale Kommunikations- bzw. Kooperationstechnologien, welche die Kooperation in einer Gruppe vereinfachen beziehungsweise zu standardisieren helfen. Beispiele hierfür sind die digitale Dokumentation von Pflegeleistungen oder der Einsatz von Videotelefonie (Lutze et al. 2021). Der Nachweis kontextspezifischen Nutzens kann so auch dazu beitragen, eine Doppelbelastung für Pflegende und ihre Organisationen in der Umsetzung der digitalen Transformation zu vermeiden oder zumindest zu reduzieren.

Es kann abschließend festgehalten werden, dass ein pflegespezifischer Resilienzbegriff immer in einem Spannungsverhältnis zu einer Effizienzorientierung steht, die bislang das Pflegewesen dominierte. Das Streben nach Resilienz ist zukunftsorientiert, denn es impliziert, dass Krisenerfahrungen, die in der Pflege erlebt werden oder erlebt wurden, kreativ in einen neuen Zustand überführt werden. Um dieses Ziel zu erreichen, gilt es, die Komplexität der Erfordernisse von Resilienz in der Pflege anzuerkennen, entsprechende Fähigkeiten wie digitale Kompetenzen auszubilden, Netzwerkverbindungen zu stärken, um Wissen zu teilen und aus Erfahrungen zu lernen sowie stabile Rahmenbedingungen – einschließlich einer digitalen Infrastruktur – und eine verlässliche Finanzierung zu gewährleisten.

Literatur

Aggelidis, Vassilios P.; Chatzoglou, Prodromos D. (2009): Using a modified technology acceptance model in hospitals. In: International journal of medical informatics 78 (2), S. 115–126. https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2008.06.006.

Bhattacherjee, Anol; Hikmet, Neset (2007): Physicians' resistance toward healthcare information technology. A theoretical model and empirical test. In: European Journal of Information Systems 16 (6), S. 725–737. https://doi.org/10.1057/palgrave.ejis.3000717.

Böhle, Fritz (2018): Interaktionsarbeit – neue Herausforderungen an eine humane Arbeitsgestaltung. In: ver.di-Bereich Innovation und Gute Arbeit (Hrsg.): Arbeiten mit Menschen - Interaktionsarbeit humanisieren. Bd. 1 : Gestaltungskonzepte und Forschungsbedarf. Frankfurt a. M.: Bund-Verlag, S. 36–44.

Böhle, Fritz; Stöger, Ursula; Weihrich, Margit (2015): Wie lässt sich Interaktionsarbeit menschengerecht gestalten? Zur Notwendigkeit einer Neubestimmung. In: AIS-Studien 8 (1), S. 37–54. https://doi.org/10.21241/ssoar.64813.

Braeseke, Grit; Pflug, Claudia; Tisch, Thorsten; Wentz, Lukas; Pörschmann-Schreiber, Ulrike; Kulas Heidi (2020): Umfrage zum Technikeinsatz in Pflegeeinrichtungen (UTiP). Sachbericht. Hrsg. v. IGES Institut GmbH. Berlin. Online verfügbar unter https://www.iges.com/e6/e1621/e10211/e24893/e25440/e25442/e25444/attr_objs25886/2020-06-26_IGES_UTiP_Sachbericht_ger.pdf, zuletzt geprüft am 27.04.2022.

Califf, Christopher B.; Sarker, Saonee; Sarker, Suprateek (2020): The Bright and Dark Sides of Technostress. A Mixed-Methods Study Involving Healthcare IT. In: MIS Quarterly 44 (2), S. 809–856. https://doi.org/10.25300/MISQ/2020/14818.

Chant, Simon; Tim; Randle, Jacqueline; Russell, Graham; Webb, Christine (2002): Communication skills training in healthcare: a review of the literature. In: Nurse education today 22 (3), S. 189–202. https://doi.org/10.1054/nedt.2001.0690.

Compeau, Deborah R.; Higgins, Christopher A. (1995): Computer Self-Efficacy: Development of a Measure and Initial Test. In: MIS Quarterly 19 (2), S. 189–211. https://doi.org/10.2307/249688.

Dhagarra, Devendra; Goswami, Mohit; Kumar, Gopal (2020): Impact of Trust and Privacy Concerns on Technology Acceptance in Healthcare: An Indian Perspective. In: International journal of medical informatics 141 (4), S. 104–164. https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2020.104164.

Fuchs-Frohnhofen, Paul; Blume, Andreas; Ciesinger, Kurt-Georg; Gessenich, Helga; Hülsken-Giesler, Manfred; Isfort, Michael; Jungtäubl, Marc; Kocks, Andreas; Patz, Martina; Weihrich, Margit (2018): Memorandum „Arbeit und Technik 4.0 in der professionellen Pflege“. Online verfügbar unter http://www.memorandum-pflegearbeit-und-technik.de/files/memorandum/layout/js/Memorandum%2011-2018.pdf, zuletzt geprüft am 19.6.2022.

Grynne, Annika; Browall, Maria; Fristedt, Sofi; Ahlberg, Karin; Smith, Frida (2021): Integrating perspectives of patients, healthcare professionals, system developers and academics in the co-design of a digital information tool. In: PloS one 16 (7), 1-15. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253448.

Gürdaş Topkaya, Sati; Kaya, Nurten (2014): Nurses' computer literacy and attitudes towards the use of computers in health care. In: International journal of nursing practice 21 (2), S. 141–149. https://doi.org/10.1111/ijn.12350.

Hacker, Winfried (2018): Arbeitsgestaltung bei dialogischinteraktiver Erwerbsarbeit. In: ver.di-Bereich Innovation und Gute Arbeit (Hrsg.): Arbeiten mit Menschen - Interaktionsarbeit humanisieren. Bd. 1 : Gestaltungskonzepte und Forschungsbedarf. Frankfurt a. M.: Bund-Verlag, S. 31–35.

Hadi-Moghaddam, M.; Karimollahi, M.; Aghamohammadi, M. (2021): Nurses' trust in managers and its relationship with nurses' performance behaviors: a descriptive- correlational study. In: BMC nursing 20 (132), S. 1–6. https://doi.org/10.1186/s12912-021-00653-9.

Hsiao, Ju-Ling; Chang, Hui-Chuan; Chen, Rai-Fu (2011): A study of factors affecting acceptance of hospital information systems: a nursing perspective. In: The journal of nursing research 19 (2), S. 150–160. https://doi.org/10.1097/JNR.0b013e31821cbb25.

Huang, Rui-Ting (2015): Overcoming invisible obstacles in organizational learning. In: Journal of Organizational Change Management 28 (3), S. 356–368. https://doi.org/10.1108/JOCM-07-2014-0130.

Institut DGB-Index Gute Arbeit (Hrsg.) (2018): Arbeitsbedingungen in der Alten- und Krankenpflege. So beurteilen die Beschäftigten die Lage. Ergebnisse einer Sonderauswertung der Repräsentativumfragen zum DGB-Index Gute Arbeit. Online verfügbar unter https://index-gute-arbeit.dgb.de/++co++df07ee92-b1ba-11e8-b392-52540088cada, zuletzt geprüft am 27.04.2022.

Johnson, Jill R.; Emmons, Henry C.; Rivard, Rachael L.; Griffin, Kristen H.; Dusek, Jeffery A. (2015): Resilience Training: A Pilot Study of a Mindfulness-Based Program with Depressed Healthcare Professionals. In: Explore (New York, N.Y.) 11 (6), S. 433–444. https://doi.org/10.1016/j.explore.2015.08.002.

Kataria, Suchitra; Ravindran, Vinod (2018): Digital health: a new dimension in rheumatology patient care. In: Rheumatology international 38 (11), S. 1949–1957. https://doi.org/10.1007/s00296-018-4037-x.

Kim, Hee-Woong; Kankanhalli, Atreyi (2009): Investigating User Resistance to Information Systems Implementation: A Status Quo Bias Perspective. In: MIS Quarterly 33 (3), S. 567–582. https://doi.org/10.2307/20650309.

Leeuw, Jacqueline A. de; Woltjer, Hetty; Kool, Rudolf B. (2020): Identification of Factors Influencing the Adoption of Health Information Technology by Nurses Who Are Digitally Lagging. In-Depth Interview Study. In: Journal of medical Internet research 22 (8), e15630. https://doi.org/10.2196/15630.

Lippert, Susan K.; Michael Swiercz, Paul (2005): Human resource information systems (HRIS) and technology trust. In: Journal of Information Science 31 (5), S. 340–353. https://doi.org/10.1177/0165551505055399.

Lutze, Maxie; Trauzettel, Franziska; Busch-Heizmann, Anne; Bovenschulte, Marc (2021): Potenziale einer Pflege 4.0. 1. Aufl. Bertelsmann Stiftung. Gütersloh. https://doi.org/10.11586/2021038.

Maillet, Éric; Mathieu, Luc; Sicotte, Claude (2015): Modeling factors explaining the acceptance, actual use and satisfaction of nurses using an Electronic Patient Record in acute care settings: an extension of the UTAUT. In: International journal of medical informatics 84 (1), S. 36–47. https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2014.09.004.

Manzey, Dietrich (2008): Systemgestaltung und Automatisierung. In: Petra Badke-Schaub, Gesine Hofinger und Kristina Lauche (Hrsg.): Human Factors. Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 307–324.

Mealer, Meredith; Hodapp, Rachel; Conrad, David; Dimidjian, Sona; Rothbaum, Barbara O.; Moss, Marc (2017): Designing a Resilience Program for Critical Care Nurses. In: AACN advanced critical care 28 (4), S. 359–365. https://doi.org/10.4037/aacnacc2017252.

Michie, Susan; Yardley, Lucy; West, Robert; Patrick, Kevin; Greaves, Felix (2017): Developing and Evaluating Digital Interventions to Promote Behavior Change in Health and Health Care: Recommendations Resulting From an International Workshop. In: Journal of medical Internet research 19 (6), e232. https://doi.org/10.2196/jmir.7126.

Mijin, Noh; Jang, Hyeongyu; Choi, Beomjin; Khongorzul, Gantumur (2019): Attitude toward the use of electronic medical record systems: Exploring moderating effects of self-image. In: Information Development 35 (1), S. 67–79. https://doi.org/10.1177/0266666917729730.

Moore, Gary C.; Benbasat, Izak (1991): Development of an Instrument to Measure the Perceptions of Adopting an Information Technology Innovation. In: Information Systems Research 2 (3), S. 192–222. https://doi.org/10.1287/isre.2.3.192.

Morawa, Eva; Schug, Caterina; Geiser, Franziska; Beschoner, Petra; Jerg-Bretzke, Lucia; Albus, Christian et al (2021): Psychosocial burden and working conditions during the COVID-19 pandemic in Germany. The VOICE survey among 3678 health care workers in hospitals. In: Journal of psychosomatic research 144, S. 110415. https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2021.110415.

Pfeffer, Jeffrey (1982): Organizations and organization theory. Boston, Mass.: Pitman.

Raeve, Paul de; Davidson, Patricia M.; Shaffer, Franklin A.; Pol, Eric; Pandey, Amit Kumar; Adams, Elizabeth (2021): Leveraging the trust of nurses to advance a digital agenda in Europe. a critical review of health policy literature [version 2; peer review: 3 approved]. In: Open Research Europe 1 (26). https://doi.org/10.12688/openreseurope.13231.2.

Ricciardi, Walter; Pita Barros, Pedro; Bourek, Aleš; Brouwer, Werner; Kelsey, Tim; Lehtonen, Lasse (2019): How to govern the digital transformation of health services. In: European journal of public health 29 (3), S. 7–12. https://doi.org/10.1093/eurpub/ckz165.

Salisbury, Chris; Murphy, Mairead; Duncan, Polly (2020): The Impact of Digital-First Consultations on Workload in General Practice: Modeling Study. In: Journal of medical Internet research 22 (6), e18203. https://doi.org/10.2196/18203.

Schwalb, Pascal; Klecun, Ela (2019): The Role of Contradictions and Norms in the Design and Use of Telemedicine: Healthcare Professionals' Perspective. In: AIS Transactions on Human-Computer Interaction 11 (3), S. 117–135. https://doi.org/10.17705/1thci.00116.

Sow, Mouhamadou; Aborbie, Solomon (2018): Impact of Leadership on Digital Transformation. In: Business and Economic Research 8 (3), S. 139–148. https://doi.org/10.5296/ber.v8i3.13368.

Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2021): Arbeitsmarktsituation im Pflegebereich. Nürnberg (Berichte: Blickpunkt Arbeitsmarkt). Online verfügbar unter https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Statischer-Content/Statistiken/Themen-im-Fokus/Berufe/Generische-Publikationen/Altenpflege.pdf?__blob=publicationFile&v=7, zuletzt geprüft am 02.05.2022.

Vance, Anthony; Elie-Dit-Cosaque, Christophe; Straub, Detmar W. (2008): Examining Trust in Information Technology Artifacts: The Effects of System Quality and Culture. In: Journal of Management Information Systems 24 (4), S. 73–100. https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240403.

Wang, Judy Jiaqi; Singh, Rishabh K.; Miselis, Heather Hough; Stapleton, Stephanie Nicole (2022): Technology Literacy in Undergraduate Medical Education: Review and Survey of the US Medical School Innovation and Technology Programs. In: JMIR medical education 8 (1), e32183. https://doi.org/10.2196/32183.

Ward, Marcia M.; Vartak, Smruti; Schwichtenberg, Tammy; Wakefield, Douglas S. (2011): Nurses' perceptions of how clinical information system implementation affects workflow and patient care. In: Computers, informatics, nursing : CIN 29 (9), S. 502–511. https://doi.org/10.1097/NCN.0b013e31822b8798.

Weltgesundheitsorganisation (WHO) (2015): World report on ageing and health. Geneva: World Health Organization. Online verfügbar unter http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/186463/1/9789240694811_eng.pdf?ua=1, zuletzt geprüft am 27.04.2022.

Wu, Jen-Her; Wang, Shu-Ching; Lin, Li-Min (2007): Mobile computing acceptance factors in the healthcare industry: a structural equation model. In: International journal of medical informatics 76 (1), S. 66–77. https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2006.06.006.



4 Open Public Data, Medienkompetenz und die Resilienz der Gemeinschaft vor Ort

Lukas Lehning, Henry Schweigel, Niklas Creemers

Öffentliche Diskurse finden zunehmend in digitalen Medien statt. Häufig entfalten sie hier Dynamiken, die einer gemeinsamen Willensbildung, der Verlässlichkeit geteilter kommunikativer Praktiken und nicht zuletzt der Wahrheitsfindung abträglich sind. In der Folge leidet die Fähigkeit lokaler Gemeinschaften, gemeinsam Lösungen etwa für die Bewältigung von Krisen und disruptiven Entwicklungen zu finden. Diskursive Resilienz wird somit zu einem notwendigen Faktor von Gemeinschaftsresilienz. Der Beitrag diskutiert diese Zusammenhänge und zeigt auf, wie die Resilienz von Gemeinschaften – insbesondere mit Blick auf Fragen einer diskursiven Resilienz – gestärkt werden kann. Im Fokus stehen dabei partizipative Verfahren und innovative Maßnahmen auf Basis von Open Public Data (OPD). So adressiert dieses Kapitel die Potenziale und Herausforderungen, welche die Verfügbarkeit und Nutzung dieser Daten für lokale Kontexte bereithalten. Dabei betont der Beitrag Daten- und Medienkompetenz als Voraussetzungen für eine zielführende Verwendung von OPD zur Stärkung von Gemeinschaftsresilienz.

Seit der Präsidentschaft Donald J. Trumps in den USA haben sich Begriffe wie Fake News und „alternative facts" im öffentlichen Diskurs etabliert. Sie sind dazu geeignet, das Vertrauen in etablierte Medien und Institutionen der öffentlichen Debatte zu untergraben und Prozesse einer verbindenden Wahrheitsfindung in der Gesellschaft zu schwächen. Damit sind sie Ausdruck von diskursiven Verschiebungen im digitalen Zeitalter, in denen sich gesellschaftliche Diskurse zunehmend radikalisieren und die Frage, welche Informationen Debatten verlässlich anleiten können, immer schwerer zu beantworten ist.

Diese Krise des öffentlichen Diskurses verschärft sich auch entlang lokaler Bedingungen. So zeigte sich im Rahmen der verstärkten Fluchtmigration 2014/15 oder der Corona-Pandemie eine Fragmentierung, Radikalisierung und Polarisierung gesamtgesellschaftlicher Diskurse nicht nur in den demokratischen Gesellschaften Europas und Nordamerikas, sondern auch darüber hinaus. Gleichzeitig erfuhren diese Dynamiken besondere lokale Ausprägungen, da wo sie durch bestimmte Ereignisse, Akteur:innen oder Herausforderungen verstärkt wurden. Der gezielten Streuung und weiteren Verbreitung von Falschinformationen, insbesondere über soziale Medien, kommt in solchen Zusammenhängen eine wachsende Rolle zu.



V. Wittphal, *Resilienz*, https://doi.org/10.1007/978-3-662-66057-7_4

Falschinformationen sind dabei dazu geeignet, grundlegende Regeln des öffentlichen Diskurses außer Kraft zu setzen und das geteilte kommunikative Fundament der Debatte zu schwächen. Damit stellen sie auch den gesellschaftlichen Zusammenhalt und das soziale Vertrauen, etwa innerhalb von Stadtgesellschaften oder -quartieren, auf die Probe und erschweren es, im Rahmen der demokratischen Willensbildung gemeinsame Lösungen vor Ort zu entwickeln.

Um die Beeinflussung durch Falschinformationen einzudämmen, ist es essenziell, Medienkompetenz zu entwickeln. Sie stellt eine Kernkompetenz dar, um an öffentlichen Diskursen teilzuhaben und diese zusammen mit anderen so zu gestalten, dass sich Konflikte kommunikativ lösen lassen. Zudem bedarf es für eine fundierte Debatte des Zugangs zu verlässlichen Informationen und Daten in den jeweiligen Themenbereichen. Der öffentliche Sektor kann durch die gezielte Bereitstellung von hochwertigen Offenen Daten eine wichtige Rolle in der Gestaltung von informierten Diskursen einnehmen. Zugleich geht es dabei um die Schaffung von Transparenz und die Ermöglichung von Beteiligung bei der Planung und Ausgestaltung des unmittelbaren Lebensumfeldes unterschiedlicher Communities. Solche partizipativen Vorgehensweisen, die durch eine gezielte Datenbereitstellung und -nutzung gestützt und angeleitet werden, können Gemeinschaftsresilienz stärken.

Der vorliegende Beitrag fragt, wie es gelingen kann, die Fähigkeiten lokaler Gemeinschaften zur Bewältigung diskursiv-kommunikativer Krisen und deren lebensweltlichen Auswirkungen zu stärken. Hierbei liegt der Fokus auf öffentlichen Diskursen in Abgrenzung zu privaten Diskursen, da sich letztere der konkreten Beobachtung weitgehend entziehen und die Abgrenzung zwischen öffentlichem und privatem Diskurs als tragende Säule demokratischer Meinungsbildung fungiert, welche den Gegenstand dieses Kapitels bildet. Der Beitrag zeigt, dass das Vermögen, kurzfristig Praktiken und Verfahren zu entwickeln, die eine zielgerichtete öffentliche Debatte auch in Krisensituationen ermöglichen, eine wichtige Eigenschaft der Resilienz von Gemeinschaften ist.

Die Beispiele der Bereitstellung und Nutzung von Open Public Data (OPD) im Rahmen der Pandemiebekämpfung auch auf lokaler Ebene oder zur Gestaltung partizipativer Prozesse zur nachhaltigen Stadtplanung, die unten aufgeführt werden, machen diese Zusammenhänge deutlich. Hier liegen auch konzeptionelle Schnittmengen der Begriffe der Sozialen Innovation und der Community Resilience - oder Gemeinschaftsresilienz. Beide betonen die Bedeutung von Wissen, Partizipation, Kooperation und systemischen Lösungen, um aktuellen und zukünftigen Herausforderungen zu begegnen. Zudem heben sie die Bedeutung des Lokalen für die Auseinandersetzung mit gesellschaftlichen Entwicklungen hervor.

Spezifische Definition Open Public Data

- Open Public Data sind Daten des öffentlichen Sektors, die leicht und allgemein zugänglich sind und wiederverwendet werden können, in manchen Teilen unter nichtrestriktiven Bedingungen (Europäische Kommission 2022).

Merkmale von Open Data im Allgemeinen

- Freie Nutzbarkeit, Weiterverwendung und Teilbarkeit der Daten ist gewährleistet
- Bereitstellung erfolgt in zweckmäßigem und editierbarem Format
- Als Ganzes und zu zumutbaren Vervielfältigungskosten verfügbar
- Wiederverwendung und Weitergabe sind möglich, inkl. Verwendung mit Datensätzen anderer Quellen
- Benachteiligungen von Einzelnen, Gruppen oder spezifischen Anwendungszwecken sind ausgeschlossen



Abb. 4.1 Begriffsdefinitionen bzw. –merkmale von Open Public Data und Open Data. (Quelle: Open Knowledge Foundation 2022, eigene Darstellung)

Open Public Data: Gezielte Nutzung Offener Daten stärkt Gemeinschaftsresilienz

Die systematische Bereitstellung von Open Public Data stärkt sowohl die Transparenz staatlichen Handelns als auch die zivilgesellschaftliche Teilhabe und befördert die Entwicklung von Sozialen Innovationen. Voraussetzung für eine optimale Nutzung von Open Public Data – sowohl durch öffentliche Akteur:innen, als auch durch die Zivilgesellschaft – ist jedoch die Fähigkeit, einerseits Daten in entsprechender Qualität zu produzieren und andererseits die Potenziale verfügbarer Daten zu erkennen, zu verstehen und zweckmäßig zu nutzen.

Ein wichtiges Element der Förderung von Gemeinschaftsresilienz ist die Beteiligung und Befähigung lokaler Gemeinschaften durch die Bereitstellung von verlässlichen und vertrauenswürdigen Daten und Informationen insbesondere durch öffentliche Stellen – etwa in den Themenbereichen Umwelt, Mobilität und Gesundheit oder von Daten aus öffentlich finanzierter Forschung. Im Allgemeinen werden Offene Daten bzw. Open Data wie folgt definiert: „Open Data sind Daten, die von jedermann frei benutzt, weiterverwendet und geteilt werden können – die einzige Einschränkung betrifft die Verpflichtung zur Nennung des Urhebers" (Open Knowledge Foundation 2022). Zudem sind bestimmte Kriterien zu erfüllen: Open Data muss als Ganzes und zu zumutbaren Vervielfältigungskosten sowie in einem zweckmäßigen, editierbaren Format verfügbar

sein. Zugleich muss die Wiederverwendung und Weitergabe ermöglicht werden, inklusive einer Verwendung zusammen mit Datensätzen aus anderen Quellen. Darüber hinaus darf es beim Zugriff auf Open Data keine Benachteiligungen von Einzelnen, Gruppen oder spezifischen Anwendungszwecken geben (Open Knowledge Foundation 2022). Als Open Public Data (OPD) werden Offene Daten definiert, die durch die öffentliche Hand frei zur Verfügung gestellt werden (Europäische Kommission 2022). Hinzuzufügen ist, dass es sich bei Open (Public) Data stets um nicht-personenbezogene Daten handelt (Abb. 4.1).

Im Kontext von Open Data spielen öffentliche Einrichtungen eine zentrale Rolle, da sie über große und hochwertige Datenbestände verfügen, die sie zur Verfügung stellen können. Auf Basis dieser Daten kann eine Vielzahl von Prozessen und Anwendungen unterstützt werden, die zur Stärkung der Resilienz von lokalen Communities beitragen. So kam jüngst eine breit angelegte Vergleichsstudie von 22 europäischen Städten zu dem Ergebnis, dass es für die Entwicklung von nachhaltigen, bürgernahen und resilienten Städten von zentraler Bedeutung ist, im Rahmen von Smart City-Prozessen offene und transparente Daten-Ökosysteme aufzubauen (Lnenicka et al. 2022: 16).

In Deutschland setzt zum Beispiel die Stadt Freiburg schon seit einigen Jahren darauf, OPD systematisch in partizipative Stadtentwicklungsprozesse einzubeziehen. Bürger:innen werden umfassend über neue Vorhaben informiert und in deren Entwicklung und Umsetzung einbezogen. Dies zeigt etwa das neue Projekt „DATEN:RAUM:FREIBURG“. Hier werden Open Public Data gezielt in ein Smart City Modellprojekt zur integrierten Entwicklung eines neuen, klimaneutralen Stadtteils einbezogen (Stadt Freiburg 2022). Die Schwerpunkte des Vorhabens liegen auf der Entwicklung von Anwendungen zur Stadtsimulation sowie zur intelligenten Verkehrssteuerung auf Basis von offenen Mobilitätsdaten. So sollen nachhaltige Lösungen für einen menschenfreundlichen Verkehrsraum gefunden werden (Kommune21.de 2022). Dieses Beispiel verdeutlicht, in welcher Weise Open Public Data eine zentrale Rolle bei der Planung von resilienten Quartieren bzw. Städten einnehmen können, so dass lokale Gemeinschaften auf Grundlage von OPD in öffentlichen Räumen interagieren und leben können, welche entsprechend der Herausforderungen der Klimakrise gestaltet sind.

Ganz allgemein kann konstatiert werden, dass urbane Datenräume ein wichtiger Bestandteil von „Open Government“ sind. Sie ermöglichen „offene, transparente, partizipative und kooperative Prozesse sowie einen kontinuierlichen Dialog, um gesellschaftliche Bedürfnisse und Anforderungen schneller zu erkennen und beim staatlichen Handeln zu berücksichtigen“ (Schieferdecker 2021: 176). Vorhaben zur Implementierung von urbanen Datenräumen sollten mit dieser Zielsetzung konzipiert und umgesetzt werden. Einen guten Überblick über bestehende Anwendungsbeispiele zur Bereitstellung und -verwendung von OPD auf lokaler Ebene in Deutschland stellt der „Musterdatenkatalog“ bereit. Seit einigen Jahren verdeutlicht er kommuna-

len Akteur:innen ganz konkret die Potenziale von Offenen Daten. Nicht zuletzt wird von den Projektverantwortlichen darauf hingewiesen, dass auch der Kampf gegen die Corona-Pandemie noch einmal eindrücklich deutlich machte, welche Möglichkeiten Open Data bereithalten (Bertelsmann Stiftung 2021).

Die aktuellen Erfahrungen im Umgang mit der Pandemie belegen, dass ihre Bekämpfung ein bedeutendes Anwendungsfeld von Open Public Data ist – nicht zuletzt im Hinblick auf die Bereitstellung von Daten aus der öffentlichen Forschung. So stellt etwa das Center for Systems Science and Engineering der Johns Hopkins University mit dem Covid 19-Dashboard globale Daten zum Pandemie-Verlauf zur Verfügung, die in vielen Ländern eine wichtige Basis für Maßnahmen des öffentlichen Gesundheitsdienstes sind. In Kanada, den USA und in Australien werden entsprechende Datensätze auch bis hinunter zur lokalen Ebene bereitgestellt. Schon wenige Wochen nach Live-Schaltung wurde das Dashboard täglich bis zu einer Milliarde mal abgerufen.

Dieser Erfolg macht deutlich, wie wichtig die Etablierung gemeinsamer internationaler Standards ist, um Offene Daten noch besser zusammenführen und aufbereiten zu können (Gardner et al. 2021). Die Pandemie bedroht noch immer das Leben von Milliarden von Menschen – gesundheitlich, wirtschaftlich und sozial; sie hat die Wissenschaft dazu motiviert, Lösungen auf Basis digitaler Technologien zur Diagnose, Beurteilung und Prävention von Covid 19 zu entwickeln. So konnte beispielsweise schon sehr früh nach Ausbruch der Corona-Pandemie auf Basis der Analyse von offenen Mobilitätsdaten für China nachgewiesen werden, dass schnelle und konsequente Reisebeschränkungen auch für einzelne Städte und Regionen ein wirksames Mittel zur Eindämmung des Virus sind (Shuja et al. 2021: 1296 ff.).

Eine Befragung des Deutschen Instituts für Urbanistik zeigte bereits 2020, dass Kommunen zunehmend bereit sind, Open Data zur Verfügung zu stellen (DIFU 2020). Angesichts des offenkundigen Nutzens liegt dies auf der Hand. Aktuelle regulative Entwicklungen weisen jedoch darauf hin, dass eher ein „Post Open Data-Zeitalter“ anbrechen könnte (Richter 2022: 3). Vor diesem Hintergrund sind Vorschläge zur Einrichtung eines deutschen Open Data Institutes zu unterstützen und zu begrüßen. Als Partner für Politik, Verwaltung, Zivilgesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft soll das Institut neue Netzwerke knüpfen, die Datenbereitstellung fördern und den Erfahrungs- und Wissenstransfer in der Praxis etwa mit der Vorstellung von Best Practices voranbringen. Zudem soll es Anlaufstelle für alle Dateninteressierte sein und zu einem Kulturwandel im Umgang mit Daten beitragen (Starmann et al. 2022: 3).

Aktuelle Entwicklungen zeigen auch, dass bei der Datenbereitstellung die gesamtstaatliche Sicherheitssituation berücksichtigt werden muss. Hier ist etwa an die aufgrund des russischen Angriffskrieg gegen die Ukraine grundlegend veränderte Sicherheitslage in Deutschland und Europa zu denken. Dabei ist jedoch festzuhalten, dass gesetzgeberisch bereits festgelegt ist, dass Daten von Einrichtungen der Kritischen Infrastruktur aus dem Wirkungsbereich der Open-Data-Gesetzgebung

ausgenommen sind. Dies bestätigt erneut das im vergangenen Jahr verabschiedete „Zweite Open-Data-Gesetz“ (BMI 2021).

OPD erweist sich als chancenreiche Grundlage, um innovative Formate und Lösungen im Umgang mit lokalen, regionalen, aber auch nationalen und transnationalen Herausforderungen zu entwickeln. Der OPD-Nutzung kommt auch deshalb eine zentrale Rolle zu, weil der Umgang mit Krisen, Katastrophen und disruptiven Entwicklungen zunehmend in digital vermittelten Diskursen stattfindet. Hier ergeben sich jedoch besondere Problematiken in der Entwicklung und Vermittlung zielführender und als legitim anerkannter Lösungen im Umgang mit Krisenereignissen. Somit werden diskursive Resilienz sowie Medienkompetenz – auch verstanden als Datenkompetenz – zu entscheidenden Faktoren der Stärkung von Gemeinschaftsresilienz.

Diskursive Resilienz als Element von Gemeinschaftsresilienz

In den letzten Jahren ist das Verständnis dafür gewachsen, dass die zunehmende Bedeutung sozialer Medien bei der Produktion, Distribution und Rezeption von Informationen neuartige Herausforderungen im Umgang mit krisenhaften oder disruptiven Ereignissen und Entwicklungen mit sich bringt. Das äußert sich beispielsweise in der Beschreibung der Covid 19-Pandemie als infodemic – oder Infodemie (Pan American Health Organization 2020) –, aber auch in globalen politischen Diskursen, in denen Falschinformationen zu einem Instrument geworden sind, das taktisch und strategisch eingesetzt wird, um Konflikte zu erzeugen und verschärfen. Desinformationskampagnen in den sozialen Medien im Laufe der Brexit-Kampagne, der US-Wahlen 2016 und 2020 oder im Falle des Angriffskriegs Russlands gegen die Ukraine 2022, der auch als TikTok-war bezeichnet wird – auf der Plattform lassen sich etwa Videos von Nutzenden in Kriegsgebieten und auf Kriegsschauplätzen anschauen –, verdeutlichen diese Entwicklung (Stokel-Walker 2022; Tiffany 2022).

Die stetig wachsende Bedeutung sozialer Medien in den öffentlichen Debatten einerseits und die zunehmende Verbreitung von Fehl- und Falschinformationen über diese Medien andererseits erschweren immer häufiger die Entwicklung und Umsetzung gesellschaftlicher Lösungen zur Bewältigung von Krisen. Darüber hinaus tragen sie zur Radikalisierung politischer Diskurse und zu einer Fragmentierung der Öffentlichkeit und damit der Gesellschaft bei. Denn sie stellen bereits anerkannte Wahrheiten und Regeln der Wahrheitsfindung zur Disposition und unterminieren so einen rationalen und faktengeleiteten Diskurs.

Resilienz gegen Desinformation wird vor diesem Hintergrund zu einer zentralen Eigenschaft, um Krisen zu begegnen und krisenverschärfenden Dynamiken entgegenzutreten. Dabei ist mit Resilienz nicht nur die individuelle Fähigkeit gemeint, die Qualität und Bedeutung von Informationen, Nachrichten und Kommentierungen einzuschätzen, richtig zu verstehen und einzuordnen. Vielmehr beinhaltet Resilienz

gegenüber Fehlinformationen auch kollektive Fähigkeiten, Praktiken und Verfahren, die eine geregelte, faktenbasierte und verständnisorientierte Kommunikation in öffentlichen Debatten zulassen. Im Folgenden wird diese Form von Resilienz als diskursive Resilienz bezeichnet, die als Teil einer Gemeinschaftsresilienz zu verstehen ist.

Analog zum Begriff der Resilienz lässt sich das Konzept der Gemeinschaftsresilienz als Fähigkeit sozialer Gemeinschaften verstehen, bei krisenhaften Ereignissen und disruptiven gesellschaftlichen Entwicklungen konstitutive Funktionen der Gemeinschaft und den gemeinschaftlichen Zusammenhang oder Zusammenhalt zu sichern. Neben dieser Fähigkeit, funktionale und strukturelle Integrität zu bewahren oder wiederherzustellen (Englisch: rebound from crises), umfasst der Begriff der Gemeinschaftsresilienz aber auch das Vermögen, im Umgang mit externen oder internen Schocks Praktiken, Verfahren und Strukturen zu entwickeln, die einer möglicherweise veränderten gesellschaftlichen Umwelt entsprechen. Damit wird Adaptivität und Lernfähigkeit zu ihrem zentralen Kennzeichen. Gemeinschaftsresilienz beinhaltet demnach nicht nur den Funktionserhalt von Gemeinschaften – verstanden als Fähigkeit des bounce back, also der Rückkehr zu einer Ausgangslage –, sondern auch eine transformative Resilienz, verstanden als bounce forward – als lernende und adaptive Weiterentwicklung aus Krisensituationen heraus. (O'Sullivan et al. 2014; Hynes et al. 2020; Roth et al. 2021).

Patel et al. (Patel et al. 2017 zit. nach Roth et al. 2021) identifizieren acht Dimensionen von Gemeinschaftsresilienz:

- lokales Wissen und Kompetenzen;
- gemeinschaftliche Netzwerke vor Ort;
- effiziente Kommunikation unter den Beteiligten auch im Fall von Krisenereignissen;
- Verfügbarkeit materieller, kultureller, finanzieller, ökonomischer und sozialer Ressourcen;
- partizipative Verfahren zur Gestaltung von Vorsorge- und Krisenmaßnahmen;
- funktionale Infrastrukturen insbesondere zur Unterstützung von Governance-Prozessen auch im Krisenfall;
- Fähigkeiten des materiellen und ökonomischen Wiederaufbaus betroffener Gemeinschaften;
- lernender, risiko-orientierter und vorausschauender Umgang mit Unsicherheit.

Diese acht Dimensionen, verstanden als konstitutive Elemente von Gemeinschaftsresilienz, sind verbunden durch die Faktoren Kommunikation und Information sowie Partizipation und Vertrauen. Diese vier Qualitäten bedingen sich gegenseitig und

sind einander Voraussetzung. Die Stärkung kommunikativer Praktiken, Prozesse und Strukturen erlaubt es, verlässliche Informationen zu erheben und zu teilen, um lokales Wissen zu erzeugen, das die Kommunikation unter den Beteiligten vor Ort anleiten kann. Gleichzeitig kann die Partizipation unterschiedlicher Mitwirkender in einer Gemeinschaft die Kommunikation verbessern und Vertrauen unter den Beteiligten ausbauen, sodass sie verlässliche Informationen problemorientiert austauschen können, um Lösungen im Umgang mit Krisen und Disruptionen zu erarbeiten sowie innovative Praktiken, Prozesse und Strukturen zu entwickeln, die Gemeinschaften dazu in die Lage versetzen, sich an geänderte Umweltbedingungen anzupassen.

Damit berührt die Fähigkeit von Gemeinschaften, sich an dynamische Umweltbedingungen anzupassen, auch deren Innovationsfähigkeit, wie Westley (Westley 2013: 6) betont. Eine funktionierende Innovationskultur trägt somit zur Gemeinschaftsresilienz bei. Auch hebt Westley hervor, dass inklusive Kommunikationsprozesse, die es unterschiedlichen Akteur:innen erlauben, Informationen, Wissen und Erfahrung verlässlich auszutauschen, der Schlüssel zu einer gelingenden Innovationskultur sind. Denn inklusive Kommunikationsprozesse sind eine Voraussetzung, um Herausforderungen gemeinsam zu identifizieren und zu definieren, damit kollaborative Lösungen entwickelt werden können, die es ermöglichen, die Fähigkeiten und Ressourcen von Gemeinschaften zu mobilisieren und nutzen.

Diskursive Resilienz ist somit eine wichtige Bedingung zur Stärkung der Innovationsfähigkeit und Resilienz von Gemeinschaften. Sie erlaubt es, auch in Krisensituationen evidenzbasierte und lösungsorientierte Kommunikation und Zusammenarbeit aufrechtzuerhalten, die eine große Vielfalt an Positionen, Wissen und Erfahrungen einbeziehen. „Solche Kulturen fördern soziale Innovationen, die ihrerseits wiederum Resilienz stärken.“ (Westley 2013: 6; eigene Übersetzung)[1] Insbesondere in Krisensituationen, in denen sich widersprechende Informationen, Desinformationen und konkurrierende Narrative gegenüberstehen und den Weg zu schnellen, effizienten Lösungen verstellen, kann diskursive Resilienz die Handlungsfähigkeit lokaler Gemeinschaften erhalten.

Dabei ist auch die Zusammenarbeit lokaler Gemeinschaften mit der öffentlichen Verwaltung ein wesentliches Merkmal von Gemeinschaftsresilienz, wie die angeführten Beispiele bereits verdeutlicht haben. Denn öffentliche Verwaltungen bilden eine wichtige Schnittstelle zu Ressourcen und Informationen aus unterschiedlichen Handlungsfeldern und verfügen regelmäßig über starke Netzwerke in verschiedene gesellschaftliche Bereiche. So können sie Informationen und Ressourcen bereitstellen und vor Ort dazu beitragen, Netzwerke zu bilden, auszubauen und zu diversifizieren. Auf diese Weise werden lokale Kooperationen gestärkt, die Handlungsfähigkeit und Selbsthilfefähigkeit vor Ort verbessert,

[1] *Originaltext: „Such cultures support social innovation, and social innovation in turn builds resilience.“ (Westley 2013: 6)*

und in der Folge Gemeinschaften zu einem erfolgreichen Umgang mit Krisen und Disruptionen befähigt. So betont (Myers 2021: 6) mit Bezug auf Hyvärinen und Vos (Hyvärinen und Vos 2015; eigene Übersetzung), dass „Gemeinschaftsresilienz ein Resultat aus der Zusammenarbeit von öffentlichen Verwaltungen, Gemeinschaften, Einzelnen und Ersthilfe- sowie Wiederaufbauorganisationen ist, um verschiedene Phasen der Krisenbewältigung zu adressieren. Das beinhaltet die Fähigkeit, ungewöhnliche Bedingungen zu erkennen, Ressourcen zu mobilisieren und Selbsthilfekapazitäten im Krisenfall zu nutzen."[2]

Damit kommt öffentlichen Verwaltungen die wichtige Aufgabe zu, lokale Zivilgesellschaften dazu zu befähigen, Strukturen und Kapazitäten der Selbsthilfe sowie Praktiken und Prozesse der Entwicklung von Lösungen für lokale und gesellschaftliche Herausforderungen zu etablieren und im Krisenfall aufrechtzuerhalten und anzupassen. Ein wichtiger Punkt ist die Bereitstellung von Informationen, die als zuverlässig eingeschätzt werden und somit geteilte Problemdefinitionen und Lösungsfindungen anleiten können. Außerdem können öffentliche Verwaltungen partizipative Prozesse anstoßen, anleiten und durchführen, die die Einbeziehung diverser Akteur:innen ermöglichen, Vertrauen bilden und gemeinsames Handeln fördern. So tragen öffentliche Verwaltungen dazu bei, zentrale Faktoren der Gemeinschaftsresilienz zu stärken: lokales Wissen, gemeinschaftliche Netzwerke, effiziente Kommunikation, Infrastruktur, Ressourcen, Wiederaufbau, Vorsorge und Umgang mit Unsicherheit.

Ein gemeinsames Set an verlässlichen Informationen und partizipativen Verfahren kann insbesondere auch die diskursive Resilienz lokaler Gemeinschaften stärken. Nicht zuletzt ist im Zeitalter von Fehlinformationen und zunehmend polarisierten Diskursen eine solche diskursive Resilienz auch die Voraussetzungen zur Stärkung von Gemeinschaftsresilienz. Denn sie fördert die Fähigkeit, auch in Krisensituationen gemeinsame Verfahren und Praktiken der Kommunikation aufrecht zu erhalten, um so als legitim anerkannte Lösungen zu erarbeiten. Mit Blick auf die Bereitstellung verlässlicher Informationen, die es erlauben in partizipativen Verfahren Problemdefinitionen und Lösungswege zu erarbeiten, bietet das Konzept der Open Public Data vor dem Hintergrund einer zunehmenden Digitalisierung aller Lebensbereiche besondere Potentiale, wie der Blick in die kommunale Praxis oben bereits gezeigt hat. Voraussetzung zur zielführenden Nutzung dieser Potentiale sind Medien- und Datenkompetenz und zwar sowohl auf Seite der Datenproduzierenden als auch -nutzenden.

---

[2] *Originaltext: "[…] Community resilience is a product of collaboration between government, communities, individuals, and response/recovery organizations to address the phases of disaster response. This includes being able to recognize unusual conditions, engage in resource mobilization, and demonstrate the capacity for self-organization during a crisis". (Hyvärinen und Vos 2015 nach Myers 2021: 6)*

Medienkompetenz als Voraussetzung digitaler Kompetenz

Medienkompetenz lässt sich aus zwei Blickrichtungen definieren. Der einen, die sich auch im Diskurs über den medien- und sozialpädagogischen Umgang mit (digitalen) Medien findet: Aus dieser Blickrichtung wird sie primär als Kompetenz im Umgang mit und dem Ausgesetztsein gegenüber Medien beschrieben. Dabei steht der handelnde Mensch mit seinen Zielen und Bedürfnissen als intentional handelndes Wesen im Mittelpunkt. Dieses Verständnis spiegelt sich auch in den Dimensionen wider, in denen Medienkompetenz in der einschlägigen Literatur beschrieben wird (Bak 2019: 115). Sie ist demnach weit mehr als die bloße instrumentelle Fähigkeit des technischen Umgangs. Sie beschreibt vielmehr das Vermögen, mediale Inhalte zu begreifen und einzuordnen, um am sozialen, kulturellen und politischen Leben teilhaben zu können, Inhalte aktiv zu gestalten (Handlungsdimension) sowie Inhalte bewerten zu können (Bewertungsdimension). Diese schließt auch die Fähigkeit ein, das eigene Handeln nach ethisch-sozialen und ästhetischen Gesichtspunkten bewerten zu können.

Eine weitere Perspektive auf Medienkompetenz nimmt vor allem die Macht der Informationen, die man zur Verfügung hat bzw. zur Verfügung stellt in den Blick, um die Notwendigkeit eines kompetenten Umgangs mit Informationen hervorzuheben. Diese Blickrichtung gewinnt vor allem dadurch an Bedeutung für Mediennutzende, dass das Web 2.0 jeder und jedem die Möglichkeit gibt, selbst zu publizieren. So hat der klassische Journalismus längst das Monopol auf diese Tätigkeit verloren. Den herkömmlichen Instanzen der Nachrichtenproduktion und Informationsweitergabe kommt daher vermehrt die Aufgabe zu, Informationen zu vermitteln, zu bewerten und zu korrigieren (Süss et al. 2010: 99).

Jeder Mensch steht in einer wechselseitigen kommunikativen Beziehung zur Gemeinschaft, in der er lebt. Er beeinflusst diese durch seine Meinungen und die Art und Weise, in der er Informationen konsumiert und wird gleichzeitig von seinen Mitmenschen beeinflusst. Vor diesem Hintergrund ist es von großer Bedeutung, dass er das richtige Maß zwischen Beeinflussung und Widerstandsfähigkeit ausbilden kann, um sich als handelnde Person in einer von kommunikativen Einflüssen geprägten Gemeinschaft verorten und zum Gemeinwohl beitragen zu können. Daher ist es wichtig, dass er ganz im Sinne des „lebenslangen Lernens“ nach John Dewey in die Lage versetzt wird, einen kompetenten Umgang mit (digitalen) Medien zu erlernen und seine Verhaltensweisen den (neuen) technischen Möglichkeiten, wie zum Beispiel der immer einfacher werdenden Weitergabe von Inhalten, anzupassen (Antić 2018: 79).

Die gezielte Bereitstellung und Nutzung von Open Public Data schafft ebensolche Inhalte. Sie leistet einen wesentlichen Beitrag dafür, dass öffentliche Diskurse im lokalen Kontext auch einen konkreten lebensweltlichen Gegenstand erhalten. Die lokale Gemeinschaft bzw. die Zivilgesellschaft wird dazu befähigt in Planungs- und

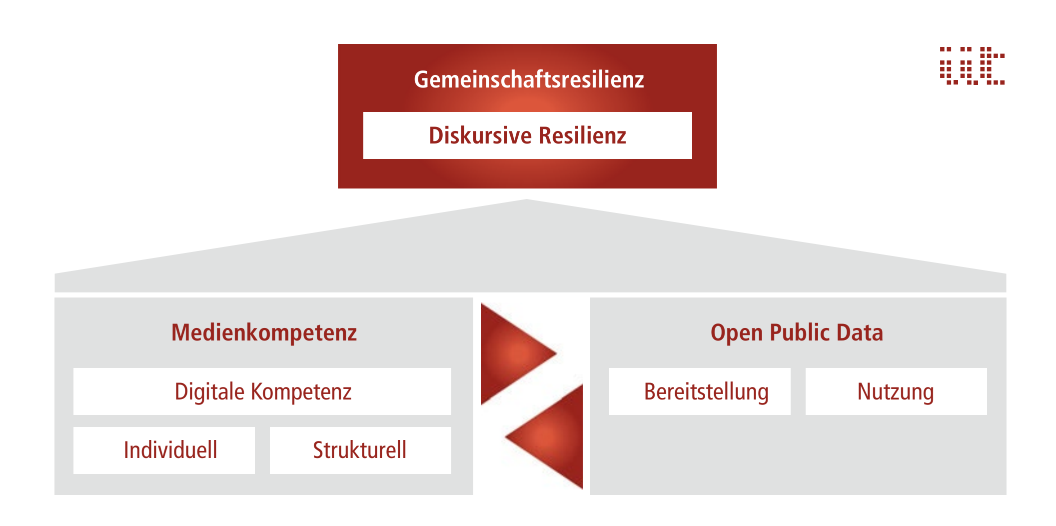


Abb. 4.2 Medienkompetenz, Open Public Data und diskursive Resilienz als Bausteine von Gemeinschaftsresilienz. (Eigene Darstellung)

Aushandlungsprozessen wohlinformiert mitwirken zu können. Für eine Teilnahme von Bürger:innen an solchen Prozessen und Debatten bedarf es des Zugangs zu verlässlichen Daten und Informationen. Transparenz und Zugang zu Wissen stärkt die Selbstwirksamkeit des Einzelnen, aber auch die der Community bei der resilienten Ausgestaltung des Lebensumfeldes beziehungsweise des öffentlichen Raumes.

Diskursive Resilienz, begriffen als Fähigkeit des Individuums, sich gegen negative Einflüsse durch zum Bespiel Fake News zu schützen und auf diese Weise letztlich zum Schutz der Gemeinschaft, in der es lebt und zu der es in einer wechselseitigen kommunikativen Beziehung steht, beizutragen, wird erst durch einen kompetenten Umgang mit Medien ermöglicht (Abb. 4.2). Dieser kompetente Umgang schließt Rezeptions- und Publikationsebene gleichermaßen ein (Bernward Hoffmann 2013: 99). Doch sind es nicht nur die verschwimmenden Grenzen zwischen Sender:innen und Empfänger:innen, die als Resultat der Weiterentwicklungen des Web 2.0 die Medienkompetenz zu einer zentralen Kompetenz mündiger Bürgerinnen und Bürger werden lässt. Auch die Tatsache, dass moderne Wissensvermittlung und fast jede Diskussion über die uns umgebende Welt letztlich auf Daten und deren Interpretation beruht, weist auf die zentrale Stellung von Medienkompetenz innerhalb einer Gemeinschaft hin.

In ihrem Text „Raw Data is an Oxymoron“ schreibt Lisa Gitelmans hierzu: „Auf den ersten Blick sind Daten die Grundlage für Fakten: Sie sind der Ausgangspunkt für das, was wir wissen, wer wir sind und wie wir kommunizieren. Dieses gemeinsame Gefühl, mit Daten zu beginnen, führt oft zu der unbemerkten Annahme, dass Daten trans-

parent sind, dass Informationen selbstverständlich sind, der Grundstoff der Wahrheit selbst. Mit anderen Worten: Wenn wir nicht aufpassen, kann unser Eifer für immer mehr Daten zu einem Glauben an ihre Neutralität und Autonomie, ihre Objektivität beitragen. […]" (Eigene Übersetzung) (Gitelman et al. 2013: 3)[3]. Aus dieser Sorge vor der zunehmenden Datengläubigkeit und dem Einwand, dass Daten stets interpretiert werden müssen, um für Menschen einen Sinn haben zu können, ergibt sich für Gitelmans, dass es einer Datenkompetenz bedarf, um in einer auf Daten vermittelten Welt, sinnvoll handeln zu können. Datenkompetenz wird somit zu einer spezifischen Ausprägung von Medienkompetenz, die es Menschen ermöglicht, zu erkennen, dass durch Daten beschriebene Gegebenheiten in der Welt immer bereits eine Interpretation beinhalten und dass eine Darstellung auf Grundlage von Daten zwar objektiv erscheinen mag, die Auswahl, Präsentation und der Zusammenhang, in dem die Daten wahrgenommen werden, jedoch ebenfalls einen Anteil an der Informationsvermittlung haben.

Doch Datenkompetenz ist nicht nur wegen der Omnipräsenz von Daten in der modernen Welt von entscheidender Bedeutung. Es ist auch die besondere Art, in der Daten Objektivität vermitteln, die es notwendig macht, mit ihnen kompetent umzugehen. Besonders drastisch, aber dadurch auch sehr eindringlich formuliert dies Daniel Rosenberg in seinem Aufsatz „Data Before the Fact", wenn er schreibt: „Das englische Wort 'data' stammt, wie Sie wahrscheinlich erraten, aus dem Lateinischen. Es ist die Pluralform von 'datum', das wiederum das Partizip der Vergangenheit des Verbs dare, 'geben', ist. Ein Datum ist etwas, das in einem Argument gegeben wird, etwas, das als selbstverständlich vorausgesetzt wird. Dies steht im Gegensatz zu 'Fakt', das sich vom Neutrum Partizip Perfekt des lateinischen Verbs facere, 'tun', ableitet, woher die 'Tatsache' als das kommt, was getan wurde, geschehen ist oder existiert. Hier gibt es einen wichtigen Unterschied: Fakten sind ontologisch, Daten sind rhetorisch." (Eigene Übersetzung) (Rosenberg 2013: 5)[4]

---

[3] *„Original Text: At first glance data are apparently before the fact: they are the starting point for what we know, who we are, and how we communicate. This shared sense of starting with data often leads to an unnoticed assumption that data are transparent, that information is self-evident, the fundamental stuff of truth itself. If we're not careful, in other words, our zeal for more and more data can become a faith in their neutrality and autonomy, their objectivity." (Gitelman et al. 2013: 3)*

[4] *Original Text: The English word, "data," as you probably guess, is derived from Latin. It is the plural form of "datum," which itself is the neuter past participle of the verb dare, "to give." A datum is something given in an argument, something taken for granted. This is in contrast to "fact," [sic!] which derives from the neuter past participle of the Latin verb facere, to do, whence we have the "fact" as that which was done, occurred, or exists. There is an important contrast here: facts are ontological; data is rhetorical. (Rosenberg 2013: 5)*

Um die Resilienz von Mediennutzerinnen und Mediennutzern zu stärken, ist es also unabdingbar, dass sie darin befähigt werden, Datenkompetenz auszubilden. Betrachtet man Daten vor diesem Hintergrund, lassen sich fünf Kompetenzbereiche erkennen, die sich aus dem Lebenszyklus von Daten ergeben. Zunächst muss es darum gehen, das Verständnis von Daten aufzubauen beziehungsweise zu stärken. Anschließend geht es darum zu begreifen, auf welche Weise und mit welchen Mitteln Daten gesammelt werden – zum Beispiel mit Fragebögen, Sensoren oder Experimenten. Erst auf dieser Basis lässt sich die Zuverlässigkeit von Datenquellen bewerten. Sind Menschen, die mit Daten beschäftigt sind, hierzu in der Lage, bedarf es der Kompetenz, Daten zu visualisieren, um sie schließlich in einem letzten Schritt interpretieren und anwenden zu können (Ludwig und Thiemann 2020: 436 ff.). Erst wenn Nutzende in der Lage sind, diese fünf Schritte zu gehen, können sie kompetent mit Daten umgehen. Da Daten medial vermittelt werden, setzt dies wiederum eine grundsätzliche Medienkompetenz voraus.

Fazit: Open Public Data, Medienkompetenz und Gemeinschaftsresilienz

Das Zusammenwirken aus Open Public Data (OPD) und Medien- bzw. Datenkompetenz ermöglicht es, Informationen bereitzustellen und zu nutzen, die dazu geeignet sind, zielführende und als legitim anerkannte Lösungen im Umgang mit Krisen, Katastrophen und disruptiven Entwicklungen partizipativ zu entwickeln und umzusetzen. Dabei ist die Qualität dieser Daten und die kompetente Datennutzung insbesondere vor dem Hintergrund zunehmend digital vermittelter Diskurse von zentraler Bedeutung. Die Beispiele aus der Praxis von OPD, wie sie etwa im Rahmen der Bekämpfung der Corona-Pandemie umgesetzt wurde und im kommunalen Zusammenhang bereits erprobt und entwickelt wird, hat die Potentiale von OPD für die Stärkung von Gemeinschaftsresilienz deutlich gemacht. Fest steht aber auch, dass dies erst der Anfang einer Entwicklung sein kann, die die kreative und gemeinwohlorientierte Nutzung öffentlicher Daten in den Mittelpunkt stellt.

Literatur

Antić, Andreas (2018): Digitale Öffentlichkeiten und intelligente Kooperation. Zur Aktualität des demokratischen Experimentalismus von John Dewey. Potsdam: Potsdamer Universitätsverlag.

Bak, P. M. (2019): Lernen, Motivation und Emotion: Allgemeine Psychologie II – das Wichtigste, prägnant und anwendungsorientiert: Springer Berlin Heidelberg (Angewandte Psychologie Kompakt). Online verfügbar unter https://books.google.de/books?id=-WN35yQEACAAJ.

Bernward Hoffmann (Hrsg.) (2013): Medienkompetenzförderung für Kinder und Jugendliche. Eine Bestandsaufnahme. Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend, Referat Öffentlichkeitsarbeit. Berlin.

Bertelsmann Stiftung (2021): Musterdatenkatalog schafft erstmals Übersicht über offene Daten in Deutschlands Kommunen. Unter Mitarbeit von Mario Wiedemann. Hrsg. v. Bertelsmann Stiftung. Online verfügbar unter https://www.bertelsmann-stiftung.de/de/themen/aktuelle-meldungen/2021/maerz/musterdatenkatalog-schafft-erstmals-uebersicht-ueber-offene-daten-in-deutschlands-kommunen, zuletzt aktualisiert am 03.03.2021, zuletzt geprüft am 02.05.2022.

Bundesministerium des Innern und für Heimat (BMI) (Hrsg.) (2021): Zweites Open-Data-Gesetz. Online verfügbar unter https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/gesetzestexte/gesetzesentwuerfe/zweites-open-data-gesetz.html;jsessionid=-B8B28253BE12548A2B3C881BE976D23B.2_cid373, zuletzt aktualisiert am 05.10.2021, zuletzt geprüft am 23.06.2022.

Deutsches Institut für Urbanistik (DIFU) (2020): Pressemitteilung: Kommunen zunehmend bereit für Open Data. Deutsches Institut für Urbanistik (DIFU). Online verfügbar unter https://difu.de/presse/pressemitteilungen/2020-10-20/kommunen-zunehmend-bereit-fuer-open-data, zuletzt geprüft am 02.05.2022.

Europäische Kommission (2022): Webseiten-Beitrag Open data. The European Commission's policies focus on generating value for the economy and society through the reuse of public sector information. EU-Kommission. Online verfügbar unter https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/open-data, zuletzt geprüft am 02.05.2022.

Gardner, Lauren; Ratcliff, Jeremy; Dong, Ensheng; Katz, Aaron (2021): A need for open public data standards and sharing in light of COVID-19. In: The Lancet Infectious Diseases 21 (4), e80. https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30635-6.

Gitelman, L.; Rosenberg, D.; Williams, T. D. (2013): Raw Data Is an Oxymoron: MIT Press (Infrastructures series). Online verfügbar unter https://books.google.de/books?id=oA-RaHF4D6h0C.

Hynes, William; Linkov, Igor; Trump, Benjamin; Love, Patrick (2020): Bouncing forward: a resilience approach to dealing with COVID-19 and future systemic shocks. In: Environment systems (May), S. 1–11. Online verfügbar unter https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7247742/, zuletzt geprüft am 29.04.2022.

Hyvärinen, Jenni; Vos, Marita (2015): Developing a Conceptual Framework for Investigating Communication Supporting Community Resilience. In: Societies 5 (3), S. 583–597.

Kommune21.de (2022): Prototypen für Daten:Raum:Freiburg. Ziel des Smart-City-Modellprojekts Daten:Raum:Freiburg ist der Aufbau einer verknüpften Dateninfrastruktur.Das Projekt geht nun mit zwei Prototypen in die Entwicklung. Dabei nutzt die Stadt als eine der ersten deutschen Kommunen das EU-Instrument der „innovativen Vergabe". Hrsg. v. Kommune21.de. Online verfügbar unter https://www.kommune21.de/meldung_38062_Prototypen+f%C3%BCr+Daten%3ARaum%3AFreiburg.html, zuletzt geprüft am 02.05.2022.

Lnenicka, Martin; Nikiforova, Anastasija; Luterek, Mariusz; Azeroual, Otmane; Ukpabi, Dandison; Valtenbergs, Visvaldis; Machova, Renata (2022): Transparency of open data ecosystems in smart cities: Definition and assessment of the maturity of transparency

in 22 smart cities. In: Sustainable Cities and Society 82, S. 16. https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103906.

Ludwig, Thomas; Thiemann, Hannes (2020): Datenkompetenz–Data Literacy. In: Informatik Spektrum 43 (6), S. 436–439.

Myers, Nathan (2021): Information Sharing and Community Resilience: Toward a Whole Community Approach to Surveillance and Combatting the “Infodemic". In: World Medical and Health Policy. Online verfügbar unter https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/wmh3.428, zuletzt geprüft am 29.04.2022.

Open Knowledge Foundation (2022): Open Data Handbuch. Was ist Open Data? Open Knowledge Foundation. Online verfügbar unter https://okfn.de/themen/open_data/, zuletzt geprüft am 02.05.2022.

O'Sullivan, Tracey; Kuziemsky, Craig E.; Corneil, Wayne; Lemyre, Louise; Franco, Zeno (2014): The EnRiCH Community Resilience Framework for High-Risk Populations. In: PLoS Currents 6 (2). Online verfügbar unter https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25642373/, zuletzt geprüft am 29.04.2022.

Pan American Health Organization (2020): Understanding the infodemic and misinformation in the fight against COVID-19. Digital Transformation Toolkit. Knowledge Tools. Hrsg. v. Pan American Health Organization. Pan American Health Organization. Online verfügbar unter https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/52052/Factsheet-infodemic_eng.pdf?sequence=16, zuletzt geprüft am 29.04.2022.

Patel, Sonny S.; Rogers, Brooke M.; Amlot, Richard; James, Rubin G. (2017): What Do We Mean by 'Community Resilience'? A Systematic Literature Review of How It Is Defined in the Literature. In: PLoS Currents 9 (1). Online verfügbar unter https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5693357/, zuletzt geprüft am 29.04.2022.

Richter, Heiko (2022): Ankunft im Post-Open-Data-Zeitalter. In: ZEITSCHRIFT FÜR DATENSCHUTZ (01/2022), S. 3.

Rosenberg, Daniel (2013): Data before the fact. In: Raw data” is an oxymoron, S. 15–40.

Roth, Florian; Warnke, Philine; Niessen, Pia; Edler, Jakob (2021): Systemische Resilienz. Einsichten aus der Innovationsforschung. Hrsg. v. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI. Karlsruhe (perspektiven policy brief, 03-2021).

Schieferdecker, Ina (2021): 2.3 Urbane Datenräume und digitale Gemeingüter – Instrumente für Open Government und mehr. In: Markus Putnings, Heike Neuroth und Janna Neumann (Hrsg.): Praxishandbuch Forschungsdatenmanagement. Erscheinungsort nicht ermittelbar: De Gruyter, S. 175–196.

Shuja, Junaid; Alanazi, Eisa; Alasmary, Waleed; Alashaikh, Abdulaziz (2021): COVID-19 open source data sets: a comprehensive survey. In: Applied intelligence (Dordrecht, Netherlands) 51 (3), S. 1296–1325. https://doi.org/10.1007/s10489-020-01862-6.

Stadt Freiburg: Pressemitteilung DATEN:RAUM:FREIBURG: Freiburger Smart-Cities-Modellprojekt startet in die Entwicklungsphase, 10.02.2022. Online verfügbar unter https://www.freiburg.de/pb/1847462.html, zuletzt geprüft am 02.05.2022.

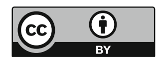
Starmann et al (2022): 1 Short Paper: Ein Open Data Institut (ODI) für Deutschland. Online verfügbar unter https://github.com/Dateninstitut-de/Shortpaper/blob/main/ODI_Short%20Paper_final.pdf, zuletzt geprüft am 02.05.2022.

Stokel-Walker, Chris (2022): The first TikTok war: how are influencers in Russia and Ukraine responding? In: The Guardian 2022, 27.02.2022. Online verfügbar unter https://www.theguardian.com/media/2022/feb/26/social-media-influencers-russia-ukraine-tiktok-instagram, zuletzt geprüft am 29.04.2022.

Süss, D.; Lampert, C.; Wijnen, C. W. (2010): Medienpädagogik: Ein Studienbuch zur Einführung: VS Verlag für Sozialwissenschaften (Studienbücher zur Kommunikations- und Medienwissenschaft). Online verfügbar unter https://books.google.de/books?id=-SSgJDRh1cmIC.

Tiffany, Kaitlyn (2022): The Myth of the 'First TikTok War'. In: The Atlantic 2022, 10.03.2022. Online verfügbar unter https://www.theatlantic.com/technology/archive/2022/03/tiktok-war-ukraine-russia/627017/, zuletzt geprüft am 29.04.2022.

Westley, Frances (2013): Social Innovation and Resilience: How One Enhances the Other. In: Stanford Social Innovation Review II (3), A6-A8. Online verfügbar unter https://ssir.org/articles/entry/social_innovation_and_resilience_how_one_enhances_the_other, zuletzt geprüft am 29.04.2022.



5 Kommunale Resilienz als Innovationsmotor und Garant künftiger Daseinsvorsorge

Désirée Tillack, Lorenz Hornbostel

Digitalisierung, Klimaschutz und Pandemiebekämpfung: Große Herausforderungen und entgrenzte Krisen rufen immer häufiger nach großen Lösungen. Ein erheblicher Anteil der Umsetzung von Maßnahmen dieser großen Lösungen findet jedoch vor Ort in den mehr als 10.000 Kommunen in Deutschland statt. Vor dem Hintergrund der aktuellen Herausforderungen wird in dem Beitrag aufgezeigt, was resiliente Kommunen auszeichnet, wie sich ihre Resilienz messen lässt – und welche Rolle Resilienz als innovatives Momentum für die kommunale Daseinsvorsorge spielt.

Die Herausforderungen an Kommunen – verstanden als Produzent und Anbieter von Daseinsvorsorge – wachsen stetig: Neben dünnen Personaldecken und einem steigenden Kostendruck sehen sich Kommunen zunehmend mit den Folgen des demografischen Wandels, den tiefgreifenden Effekten der klimatischen Veränderungen und anderen extern verursachten Krisen konfrontiert. Die Fähigkeit, auf solche Krisen und Schockereignisse adäquat reagieren zu können, zählt zu einer der zentralen Zukunftskompetenzen von Kommunen, wenn es darum geht, die Daseinsvorsorge für die Bürger:innen langfristig zu sichern. Es verwundert daher kaum, dass der Begriff Resilienz auch für Kommunen immer mehr an Relevanz gewinnt. Doch wie können Kommunen ihre Resilienz im Kontext von Klimawandel, Pandemie und einer demografischen Unwucht verbessern? Und welchen Fähigkeiten kommt dabei ein besonderes Gewicht zu? Um einen Handlungsrahmen aufzuzeigen, lohnt zunächst eine Bestandsaufnahme von aktuellen Konzepten und kommunalen Aktivitäten rund um das Thema Resilienz.

Das Resilienz-Konzept: von der Welt in die Kommune

Die Bandbreite an Konzepten, Initiativen und Best Practices für Projekte zur städtischen Resilienz sind ebenso zahlreich wie heterogen. Während beispielsweise in der öffentlichen Debatte lange ein Fokus auf Maßnahmen gegen den Klimawandel gerichtet wurde, ist das Konzept von Resilienz deutlich breiter aufgestellt. Resilienz-Strategien werden immer häufiger ganzheitlich gedacht und über die Installation von sogenannten „resilience officers" mit fach- und bereichsübergreifenden Kompetenzen umgesetzt (Urban Institute and Rockefeller Foundation 2018) – und das sowohl in großen als auch kleineren Kommunen. Laut der 100 Resilient Cities Initiative sind



V. Wittphal, *Resilienz*, https://doi.org/10.1007/978-3-662-66057-7_5

große, mittlere und kleine Kommunen von den bekannten „Schocks“ und „Stressarten“ wie Starkregenereignisse, ein Ausfall der Infrastruktur (auch altersbedingt), Pandemien, inadäquate öffentliche Verkehrsmittel und Wohnungsknappheit gleichermaßen stark betroffen (ebd.).

Eines der wohl bekanntesten Resilienzkonzepte ist das „Framework for resilient cities“ der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD). Das Konzept betrachtet Resilienz in vier Dimensionen: hinsichtlich wirtschaftlicher, gesellschaftlicher und umweltbezogener Fragen sowie aus der Perspektive der Verwaltung[1] (Figueiredo et al. 2018). Da drei der vier genannten OECD-Dimensionen quantitativ bereits gut beschrieben werden können und hier das Verwaltungshandeln im Vordergrund stehen soll, widmet sich dieser Beitrag primär der vierten Dimension, der sogenannten Governance-Dimension.

Auch in Deutschland rückt das Thema Resilienz seit einigen Jahren zunehmend in den Fokus politischen Handelns: So hat das Bundesministerium der Finanzen (BMF) im Jahr 2020 den Deutschen Aufbau- und Resilienz-Plan (DARP) vorgelegt (BMF 2021). Auffällig ist dabei, dass der DARP einen starken Fokus auf das Thema Digitalisierung legt und – sicherlich aus damaligem aktuellen Anlass – ein pandemieresilientes Gesundheitssystem einen eigenen Schwerpunkt bildet.

Der DARP umfasst die sechs für Resilienz relevanten Bereiche:

- Klimapolitik und Energiewende
- Digitalisierung der Wirtschaft und Infrastruktur
- Digitalisierung der Bildung
- Stärkung der sozialen Teilhabe
- Stärkung eines pandemieresilienten Gesundheitssystems
- Moderne öffentliche Verwaltung und Abbau von Investitionshemmnissen

Das Bundesministerium des Innern (BMI) ergänzte diese Perspektive im November 2021 mit dem Memorandum „Urbane Resilienz“. Darin werden existierende Programme weltweit reflektiert und diese unter dem Untertitel „Wege zur robusten, adaptiven und zukunftsfähigen Stadt“ nach Ansatzpunkten für Städte und Gemeinden in Deutschland hin abgeklopft (BMI 2021).

[1] *In der englischen Literatur wird hierzu der Begriff „Governance“ genutzt. Der Begriff beschreibt nicht-hierarchische Regel- und Koordinationssysteme von politischen Einheiten wie z. B. einer Kommune, die darauf ausgelegt sind, unterschiedliche Interessen bei der Entscheidungsfindung zu berücksichtigen (Große Hüttmann 2020).*

Darüber hinaus sind verschiedene Förderinitiativen der Bundesministerien mit mehr oder weniger starkem Resilienzbezug und Fokus auf Kommunen angelaufen, darunter beispielsweise die Programme „Resiliente Regionen“[2], seit 2016 „Kommunen innovativ“, und mit dem im Jahr 2021 gestarteten Programm „REGION.innovativ – Kreislaufwirtschaft“[3] mittlerweile ein eigenes Programm für regionale Kreislaufwirtschaft. Auch Smart-City-Ansätze verschiedener Kommunen verfolgen zumindest in Teilen Ansätze der Resilienz, beispielsweise im Rahmen des BMI-Förderprogramms mit der mittlerweile dritten Staffel zu Smart-City-Modellkommunen.[4]

Von kommunalen Entscheider:innen wird das Thema ebenso verstärkt aufgenommen und diskutiert. So betonte der Deutsche Städte- und Gemeindebund in einem Positionspapier, dass Bund, Länder und Kommunen angesichts der großen Herausforderungen ihre Fähigkeiten überprüfen, erweitern und in eine gemeinsam und langfristig angelegte Resilienzstrategie überführen müssten (DStGB 2022). Zudem verweist auch die Neue Leipzig-Charta[5] aus dem Jahr 2020 auf die Relevanz kommunaler Resilienz als wichtigen Baustein guter Stadtentwicklungspolitik:

„Städte und Städtesysteme sollen flexibel und in der Lage sein, auf externe disruptive Ereignisse sowie auf dauerhafte Belastungen reagieren zu können. Um die städtische Widerstandsfähigkeit zu stärken und somit besser auf sich verändernde Rahmenbedingungen reagieren zu können, sollten Städte voneinander und aus vergangenen Ereignissen lernen. Auch eine anpassungsfähige Stadtentwicklungspolitik und ein Ver-

[2] *Die Fördermaßnahme „Resiliente Regionen“ ist eine gemeinsame Initiative des Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat (BMI) und des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR). Weitere Informationen zum Programm: https://kommunen-innovativ.de/foerderinitiative-resiliente-regionen, zuletzt geprüft am 05.07.2022.*

[3] *Das Förderprogramm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) „REGION.innovativ“ zielt darauf ab, die strukturschwachen Regionen nachhaltig zu stärken. Weitere Informationen zum Programm: https://kommunen-innovativ.de/foerdermassnahme-regioninnovativ-kreislaufwirtschaft, zuletzt geprüft am 05.07.2022.*

[4] *Ziel der Smart-City-Modellprojekte ist, dass Kommunen die Digitalisierung für eine integrierte, nachhaltige und gemeinwohlorientierte Stadtentwicklung nutzen: https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/kurzmeldungen/DE/2021/07/smart-city.html, zuletzt geprüft am 20.07.2022.*

[5] *Die Neue Leipzig-Charta wurde im November 2020 von den für Stadtentwicklung zuständigen Minister:innen der EU verabschiedet. Sie beschreibt konkrete Handlungsdimensionen für eine gemeinwohlorientierte Stadtentwicklung und Schlüsselprinzipien guter Stadtentwicklungspolitik. Die Neue Leipzig-Charta ist eine Aktualisierung der „Leipzig Charta zur nachhaltigen europäischen Stadt“ aus dem Jahr 2007, die auf Initiative des deutschen Bundesministers a. D. Wolfgang Tiefensee erarbeitet und von den 27 in der EU für Stadtentwicklung zuständigen Minister:innen unterzeichnet wurde.*

waltungshandeln im Sinne des Gemeinwohls sowie eine ausgewogene Umsetzung der gerechten, grünen und produktiven Dimension tragen zur Entwicklung robuster Strukturen bei. Vorausschauende und präventive Politiken, Konzepte und Projekte sollten dabei verschiedene Szenarien beinhalten. Dies ermöglicht es, Herausforderungen im Umwelt- und Klimabereich vorherzusehen; ebenso wie wirtschaftliche Risiken, soziale Veränderungen und Gesundheitsprobleme." (Neue Leipzig-Charta 2021)

Anders als in der Stadtentwicklung sind Beispiele für ländliche Regionen bisher nur vereinzelt und häufig mit stark eingegrenzten Teilprojekten dokumentiert. Einige Projekte, beispielsweise in Bayern, sowie ein „Acht-Punkte-Programm" (Hafner et al. 2019) zur Resilienz sind im Auftrag der Bayerischen Verwaltung für Ländliche Entwicklung auf den Weg gebracht worden (ebd.). Ein weiteres Projekt der ländlichen Entwicklung wurde beispielsweise in Saalfeld-Rudolstadt initiiert: Das Projekt „Resiliente Strukturen sichern Zukunft" adressiert vor allem die demografische Entwicklung im Kontext des Leerstands (DKC Kommunalberatung GmbH 2018). Angesichts der angelaufenen und anlaufenden Fördermaßnahmen ist in den kommenden Jahren mit verstärkten Aktivitäten in diesem Bereich zu rechnen.[6]

Die hier nur kurz angerissenen Aktivitäten zeigen deutlich, dass Entscheider:innen auf allen politischen Ebenen dem Thema Resilienz eine große Beachtung schenken. Auffällig ist jedoch, dass das Thema häufig an zwei Enden zu kurz gegriffen wird: Zum einen wird Resilienz nach wie vor sehr stark durch die Brille des Klimawandels (Kaiser et al. 2020) betrachtet, was zwar eine gewisse Berechtigung hat, aber durchaus die Gefahr birgt, andere Krisenszenarien aus dem Blickfeld zu verlieren. Zum anderen lässt sich immer noch beobachten, dass Resilienzkonzepte häufig dahingehend interpretiert werden, mit gezielten Maßnahmen den Status quo in Kommunen möglichst lang aufrechtzuerhalten (Klug 2021).

Für einen erweiterten Resilienzbegriff: Innovations- statt Widerstandsfähigkeit

Im Gegensatz zu vielen gängigen Konzepten und Ansätzen, kommunale Resilienz primär als ein Zusammenspiel von Robustheit, Widerstands- und Anpassungsfähigkeit einer Kommune zu definieren (BReg 2022; Klug 2021), soll in dem Beitrag eine stärker innovationsorientierte Perspektive in die Diskussion eingebracht werden: Weniger die Beständigkeit eines bestehenden Systems – in gängigen Modellen als Robustheit von (physischen) Infrastrukturen beschrieben – soll dabei im Vordergrund stehen, sondern vielmehr die generelle Fähigkeit, auf unvorhersehbare und systemkritische Herausforderungen adäquat reagieren zu können und dabei *neue* Antworten zu geben. Denn Antworten auf Krisen, so warnten zuletzt immer mehr

[6] *s. hierzu auch den Beitrag von Buhl und Ritter zu resilienten Regionen in diesem Band.*

Expert:innen, könnten in Zukunft nicht mehr allein auf Basis bisheriger Erfahrungen gefällt werden, da hierzu schlicht der passende Referenzrahmen fehle (Woetzel et al. 2020; Kötter et al. 2018). Umso wichtiger ist daher ein erweitertes Resilienzverständnis, das nicht die Wiederherstellung der bisherigen Ordnung betont, sondern die Kreation eines neuen und zukunftsgerichteten, agilen Systems.

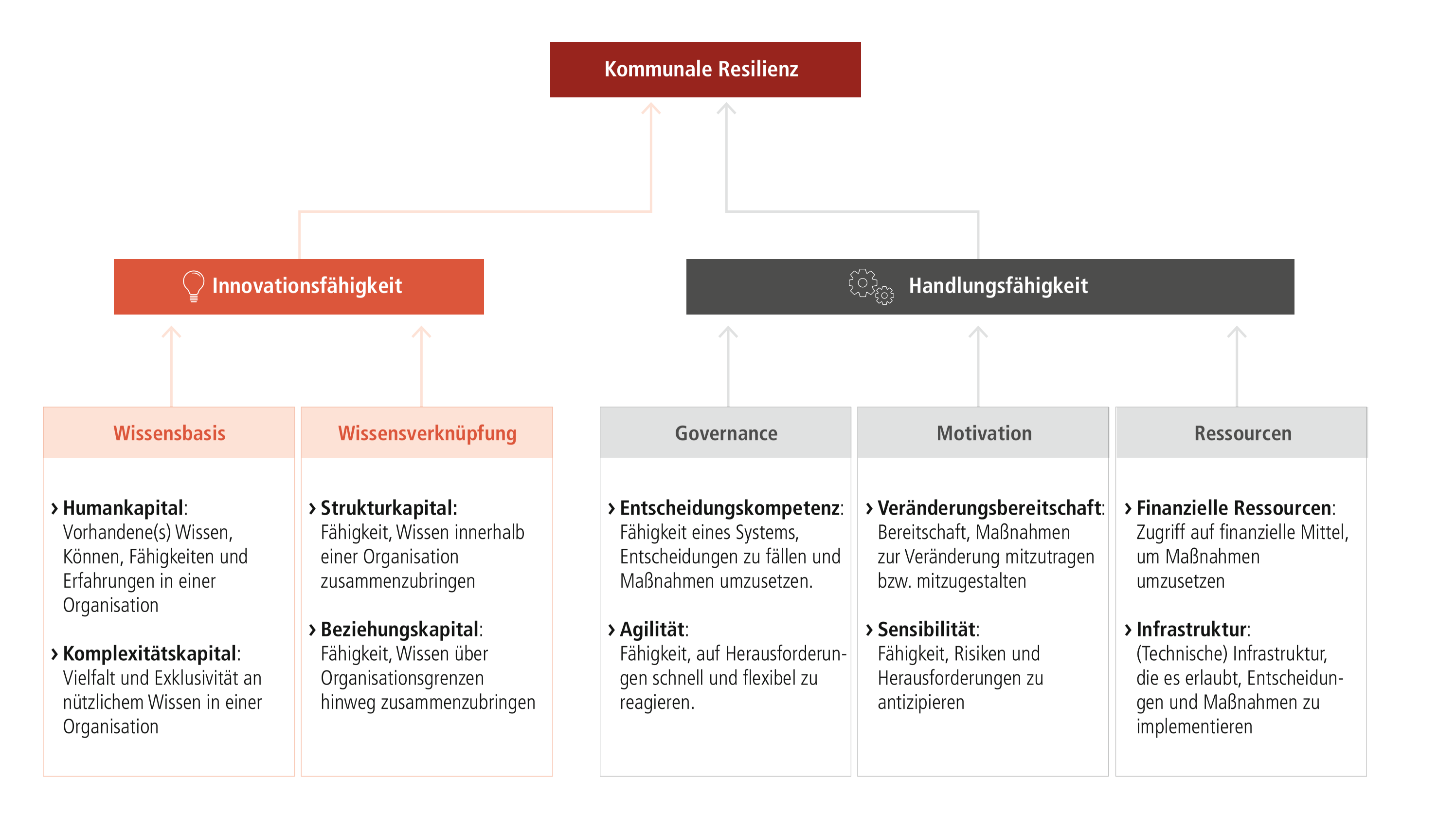
Der Vorteil einer solch inhaltlichen Neuorientierung liegt vor allem darin, dass hierdurch – und insbesondere im Hinblick auf fundamentale und z. T. unumkehrbare Transformationsprozesse wie den Klimawandel – die gesellschaftliche Neuerung und „Innovationsfähigkeit" einer Kommune in den Fokus genommen werden kann. Vollkommen neu ist diese Perspektive keineswegs: Dass die Innovationsfähigkeit von Organisationen, verstanden als die Fähigkeit eines Systems, sich permanent weiterzuentwickeln, durchaus inhaltliche Überschneidungen zum herkömmlichen Resilienzbegriff aufweist, wurde sowohl für den ökonomischen (Roth et al. 2021) als auch den kommunalen Kontext (Kötter et al. 2018) bereits beschrieben.[7] In Anlehnung an das Modell der Innovationsfähigkeit nach Hartmann (Hartmann et al. 2014), den „Stresstest Stadt" des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Kötter et al. 2018) sowie die ISO-Norm 22316:2017 „Security and resilience – Organizational resilience – Principles and attributes" (Ferdinand und Prem 2020)[8] sollen nachfolgend erste Grundüberlegungen und Ideen für ein erweitertes Konzept der kommunalen Resilienz dargelegt werden.

Innovationsfähigkeit als Garant einer zukunftsgerichteten Daseinsvorsorge

Welche Stärken sind charakteristisch für eine resiliente Kommune? Und wie können diese Eigenschaften mit Hilfe eines erweiterten Resilienzbegriffs beschrieben werden? Für die Grundüberlegungen zu einem erweiterten Resilienzkonzept wird die Innovationsfähigkeit nach Hartmann – basierend auf den verschiedenen Wissensdimensionen – um das Konzept der Handlungsfähigkeit erweitert, mit dem die kommunale Leistungsfähigkeit beschrieben wird, die eigene Innovationsfähigkeit zielorientiert anzusteuern – und in konkrete Maßnahmen umzusetzen. Beide Säulen des Modells, die Innovations- und die Handlungsfähigkeit, sollen nachfolgend vorgestellt und in einen entsprechenden Indikator überführt werden (s. Abb. 5.1).

[7] *s. hierzu auch den Beitrag von Kölbel und Erckrath zur theoretischen Einordnung des Resilienzbegriffs in diesem Band.*

[8] *Die ISO-Norm 22316:2017 (Security and Resilience – Organizational Resilience – Principles and Attributes) soll Unternehmen bzw. Organisationen dabei unterstützen, ihre Resilienz zu erhöhen. Die Norm adressiert dazu neun Handlungsfelder: „Geteilte Vision und klares Ziel"; „Umfeld verstehen und beeinflussen"; „Effektive und ermutigende Führung"; „Resilienzfördernde Kultur"; „Information und Wissen teilen"; „Verfügbarkeit von Ressourcen"; „Koordinierte Unternehmensbereiche"; „Kontinuierliche Verbesserung fördern"; „Antizipation von Veränderungen" (zit. n. Ferdinand und Prem 2020).*



▲ *Abb. 5.1 Erweitertes Konzept kommunaler Resilienz (Quelle: angelehnt an Hartmann et al. (2014: 4), eigene Darstellung)*

Innovationsfähigkeit (I. Säule)

Die grundsätzliche Fähigkeit, sich als Gesellschaft stetig weiterzuentwickeln und neue Antworten auf neue Herausforderungen und Krisen geben zu können, wird vor allem durch ihre „kollektive Intelligenz“ (Hartmann et al. 2018: 5; Ferdinand und Prem 2020) bestimmt. Dabei ist nicht allein die Qualität und Vielfalt des vorhandenen Wissens entscheidend, sondern auch die Fähigkeit, dieses Wissen geschickt zusammenzubringen (Hartmann et al. 2018; Ferdinand und Prem 2020). Beide Wissensdimensionen können mit dem Ansatz der sogenannten Kapitalsorten[9] beschrieben werden:

- ***Wissensbasis:*** Eine der wesentlichen Voraussetzungen, um als Kommune auf externe Herausforderungen adäquat reagieren zu können, sind hervorragend ausgebildete Fachkräfte mit einer breiten fachlichen Expertise. Ihre Fähigkeiten, Kompetenzen und Erfahrungen werden von Hartmann et al. als Humankapital beschrieben (Hartmann et al. 2014). Die Vielfalt an (komplementären) Wissen, die es erlaubt, auch vielschichtige Herausforderungen bearbeiten zu können, wird hingegen als Komplexitätskapital beschrieben (ebd.). Je breiter und vielfältiger also die Wissensbasis innerhalb einer Kommune ist, desto komplexere Probleme können grundsätzlich gelöst werden.

- ***Wissensverknüpfung:*** Bei der Fähigkeit, Wissen zu verknüpfen, unterscheiden Hartmann et al. Strukturen und Prozesse, die notwendig sind, um Wissen innerhalb einer Organisation zusammenzubringen (Strukturkapital), sowie tragfähige Netzwerke und Beziehungen zu externen Akteuren, die es ermöglichen, Wissen über die eigenen Organisationsgrenzen hinaus mit anderen Einheiten zu teilen (Beziehungskapital) (ebd.). Je größer also die Kapazitäten einer Kommune sind, komplementäres Wissen sowohl innerhalb der eigenen Verwaltung als auch im Verbund mit anderen Kommunen sinnvoll zu verknüpfen, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass innovative Lösungsansätze gefunden werden können.

Handlungsfähigkeit (II. Säule)

Kollektive Wissensleistungen, die innovative Antworten auf komplexe Herausforderungen erlauben, bedürfen der Einbettung in ein funktionierendes Gemeinwesen, das sich im Idealfall durch einen hohen Grad an Handlungsfähigkeit auszeichnet.

---

[9] *Der Begriff der Kapitalsorten stammt ursprünglich vom französischen Soziologen Pierre Bourdieu, der von insgesamt vier Kapitalsorten spricht: Soziales Kapital, Ökonomisches Kapital, Kulturelles Kapital und Symbolisches Kapital (Bourdieu 1983). Die in diesem Beitrag nach Hartmann et al. zitierten Kapitalsorten entstammen unterschiedlichen ökonomischen Konzepten (s. hierzu Hartmann et al. 2014).*

Charakteristische Merkmale sind i. d. R. eine leistungsfähige Governance, ein erkennbarer politischer Gestaltungswille (Motivation) und die notwendigen Ressourcen, um Maßnahmen effektiv umzusetzen.

- ***Governance:*** Der Subindikator Governance beschreibt das Regel- und Koordinationssystem, mit dem die Innovationsfähigkeit zielorientiert gesteuert werden kann. Es dient dazu, verschiedene Interessen zu verhandeln, verwalten und schließlich umzusetzen. Die Leistungsfähigkeit eines solchen Systems zeichnet sich zunächst durch eine relative Entscheidungskompetenz[10] aus, Maßnahmen – unter Berücksichtigung der rechtlichen Rahmenbedingungen, Entscheidungs- und zivilgesellschaftlichen Partizipationsprozesse – verbindlich zu beschließen (vgl. Niessen 2020: 85). Von Agilität[11] wird hingegen gesprochen, wenn Systeme und ihre Akteure mit einer hohen Flexibilität, Effizienz und Geschwindigkeit auf Herausforderungen reagieren können (vgl. Kötter et al. 2018). Je stärker die Entscheidungskompetenz und je höher die Agilität einer Kommune sind, desto wahrscheinlicher ist es, dass Maßnahmen zur Bewältigung von Herausforderungen in einer angemessenen Zeit umgesetzt werden.
- ***Motivation:*** Das Handeln von Akteuren und Gemeinschaften wird maßgeblich durch einen politischen Gestaltungswillen angetrieben. Dieser resultiert zum einen aus der Fähigkeit, Risiken und Herausforderungen frühzeitig zu antizipieren (Sensibilität), und zum anderen aus der Bereitschaft, Veränderungen anzustoßen bzw. entsprechende Maßnahmen mitzutragen (Veränderungsbereitschaft) (Kühn 2021; Ferdinand und Prem 2020). Je stärker die Sensibilität und Veränderungsbereitschaft in einer Kommune ausgeprägt sind, desto höher sind die Motivation und der politische Gestaltungswille, innovative Maßnahmen zur Krisenbewältigung zu initiieren, zu beschließen und umzusetzen.
- ***Ressourcen:*** Der Zugriff auf Ressourcen ist eine zentrale Voraussetzung politischer und gesellschaftlicher Gestaltungskraft. Neben den notwendigen finanziellen Ressourcen zählen dazu auch funktionsfähige technische Ressourcen und Infrastrukturen (Ferdinand und Prem 2020). Je größer also diese Ressourcen sind, die eine Kommune zur Bewältigung von Herausforderungen unmittelbar mobilisieren kann, desto wahrscheinlich ist auch, dass Maßnahmen rasch umgesetzt werden können.

[10] *Niessen spricht hier von der „Entscheidungsstärke", die eine bedeutende Relevanz für die Resilienz einer Unternehmensorganisation hat.*

[11] *Vergleichbare Ansätze wie bspw. Kötter et al. sprechen hier von der Umsetzungs- und Reaktionsfähigkeit einer Kommune.*

Die hier vorgestellte Grundüberlegung für eine erweiterte Indikatorik unterscheidet sich gegenüber anderen in der Literatur beschriebenen Ansätzen (Kötter et al. 2018; Kaiser et al. 2020; Ferdinand und Prem 2020) vor allem im Hinblick auf die spezielle Gewichtung von Innovationsfähigkeit und Handlungsfähigkeit. Nicht die Rückkehr zum bisherigen Status quo – häufig über die Robustheit oder Widerstandsfähigkeit eines Systems beschrieben – wird adressiert, sondern die Fähigkeit zur Innovation in Verbindung mit einer hohen Handlungsfähigkeit. Aufgrund dieser inhaltlichen Fokussierung müssen für die Operationalisierung[12] sowohl qualitative als auch quantitative Kriterien herangezogen werden.

Kommunale Resilienz messen – aber wie?

Ein zentrales Ziel des erweiterten Resilienzkonzepts ist, den Kommunen einen möglichst pragmatischen Ansatz an die Hand zu geben, der es ihnen erlaubt, die eigene Situation im Rahmen eines Selbst-Checks zu erfassen und erste Anknüpfungspunkte für zielgerichtete Aktivitäten zu identifizieren. Die dabei generierten Ergebnisse könnten perspektivisch in einen „Zukunftsradar kommunale Resilienz"[13] einfließen, der den Status quo kommunaler Resilienz für Deutschland abbildet.

Aufbauend auf den vorangestellten Grundüberlegungen lassen sich die Indikatoren der kommunalen Resilienz mit einem ersten Set an Leitfragen grob beschreiben (s. Abb. 5.2). Das Verhältnis von Stärken und Schwächen zeigt dabei jeweils an, zu welchem Grad eine Kommune fähig ist, auf neue Herausforderungen zu reagieren – und eine innovative Daseinsvorsorge für ihre Bürger:innen zu garantieren.

Innovations- und Handlungsfähigkeit als Garant (digitaler) Daseinsvorsorge

Die Daseinsvorsorge[14] ist die zentrale Aufgabe einer Kommune. Lange Zeit fielen unter den Begriff vor allem die Sicherung einer Versorgung mit Energie und Wasser, die Organisation einer Müllabfuhr, Angebote wie der öffentliche Personennahverkehr, ein Schul- und Gesundheitssystem, ergänzt um Post, Telefon und Internet, die Bereitstellung von öffentlichen Grünflächen und Bädern, Theatern, Museen und Büchereien, Finanz- und Versicherungsdienstleistungen sowie ein funktionsfähiges Rettungswesen (Neumann 2020). Seit mehreren Jahren lässt sich zudem beobachten,

[12] *Die Operationalisierung des Indikators erfolgt zu einem späteren Zeitpunkt und ist nicht Ziel des vorliegenden Beitrags.*

[13] *siehe vgl. den „Zukunftsradar digitale Kommune" des Instituts für Innovation und Technik (iit) (Hornbostel et al. 2022).*

[14] *Die kommunale Daseinsvorsorge ist ein bereits rund 100 Jahre alter Begriff (Forsthoff 1958).*

Leitfragen zur Messung kommunaler Resilienz

	Indikatoren	Subindikatoren	Leitfragen
Innovationsfähigkeit	Wissensbasis	Humankapital	› Stehen der Kommune (ausreichend) personelle Ressourcen in Form von Wissen, Können und Erfahrungen zur Verfügung, um auf Herausforderungen mit geeigneten Maßnahmen reagieren zu können?
		Komplexitäts-kapital	› Steht der Kommune eine vielfältiges bzw. komplementäre Wissensbasis zur Verfügung, die es der Kommune erlaubt, auf komplexe Herausforderungen mit möglichst innovativen Maßnahmen reagieren zu können?
	Wissensver-knüpfung	Strukturkapital	› Verfügt die Kommune über geeignete Strukturen und Prozesse, die es erlauben, das vielfältige Wissen einzelner Personen und Fachbereiche innerhalb der eigenen Verwaltungsstruktur zusammenzubringen?
		Beziehungs-kapital	› Pflegt die Kommune belastbare Beziehungen zu anderen Kommunen und/oder ist sie in entsprechende Netzwerke eingebunden, die es erlauben, Wissen, Können und Erfahrungen über Organisationsgrenzen hinweg auszutauschen und wirksam zusammenzubringen?
Handlungsfähigkeit	Governance	Entscheidungs-kompetenz	› Verfügt die Kommune über ein leistungsfähiges Steuerungs- und Regelungssystem, das (partizipative) Entscheidungsprozesse ermöglicht, auf deren Basis Maßnahmen verhandelt, entschieden und umgesetzt werden können?
		Agilität	› Ist das kommunale Steuerungs- und Regelungssystem darauf ausgelegt, auf neue Herausforderungen flexibel und in einer angemessenen Geschwindigkeit zu reagieren?
	Motivation	Veränderungs-bereitschaft	› Wie hoch ist der Grad der allgemeinen Akzeptanz, (notwendige) Maßnahmen zur Veränderung mitzutragen und/oder aktiv mitzugestalten?
		Sensibilität	› Wie hoch ist der Grad der Sensibilisierung, mögliche Herausforderungen und Risiken für die Kommunen frühzeitig zu antizipieren?
	Ressourcen	Finanzielle Ressourcen	› Verfügt die Kommune über ausreichend finanzielle Mittel, konkrete Maßnahmen in einer angesessenen Zeit umzusetzen?
		Infrastruktur	› Verfügt die Kommune über die notwendige (technische) Infrastruktur, die es ihr ermöglicht, Entscheidungen zu implementieren und/oder direkt Maßnahmen physisch zu umzusetzen?

Abb. 5.2 Leitfragen zur Messung kommunaler Resilienz (Quelle: Institut für Innovation und Technik (iit), eigene Darstellung)

dass Kommunen ihre Dienste nicht mehr nur analog, sondern auch digital anbieten müssen. Diese Leistungen werden unter dem Begriff „digitale Daseinsvorsorge“ zusammengefasst und wie folgt definiert:

„Die digitale Daseinsvorsorge beschreibt eben jene staatlichen Pflichten von Kommunen, Städten und Gemeinden, die zur Gewährleistung einer Grundversorgung in einer immer digitaler werdenden Welt gehören. Darunter versteht man etwa die Möglichkeit Behördengänge online zu erledigen, aber auch Tickets für den öffentlichen Nahverkehr per App oder online einzulösen. Auch Kulturbetriebe, die in öffentlicher Hand liegen, können im Rahmen der digitalen Daseinsvorsorge ihre Angebote zusätzlich online anbieten.“ (Hornauer 2022)

In Anbetracht der Tatsache, dass die kommunale Digitalisierung in Deutschland nach wie vor in den „Kinderschuhen“ steckt (Hornbostel et al. 2022: 47), ist davon auszugehen, dass die digitale Daseinsvorsorge ihre Potenziale erst in den kommenden Jahren ausspielen kann und damit deutlich an Relevanz gewinnen wird. Auch hier ist zu erwarten, dass die Innovationsfähigkeit der Kommunen dauerhaft gefordert und auf die Probe gestellt wird.

In Zeiten von Krisen und externen Schocks wie Pandemien, Naturkatastrophen und gesellschaftlichen Umbrüchen wird es für Kommunen deutlich schwieriger, die oben skizzierten Aufgaben zur Daseinsvorsorge wahrzunehmen – unabhängig davon, ob sie digital oder aber analog erbracht werden. Indem etwa einzelne Bereiche von Kommunen – wie zum Beispiel ihre Wirtschaftsstruktur – durch den kurzfristigen Zusammenbruch der Energieversorgung und/oder langsam voranschreitende gesellschaftliche Transformationsprozesse wie dem demografischen Wandel unter Stress geraten, droht die Stabilität der Daseinsvorsorge sowohl kurzfristig als auch langfristig ins Wanken zu geraten. Die Autoren des Stresstests Stadt verweisen in diesem Kontext exemplarisch auf verschiedene „Stressszenarien“: Hierzu zählen die Außenzuwanderung, divergierende Bevölkerungsentwicklungen wie etwa die Schrumpfung und das Wachstum von Städten, Veränderungen der regionalen Wirtschaftsstruktur (Branchenwandel), Krisen der Energieversorgung, gesellschaftliche Polarisierungsprozesse sowie klimabedingte Ereignisse wie Starkregen oder Hitzeperioden (Kötter et al. 2018).

Ob und wenn ja, in welchem Maße Kommunen auf die genannten Stressszenarien mit konkreten Maßnahmen reagieren können, hängt dabei von ihrer Resilienz – im Sinne von Innovations- und Handlungsfähigkeit – ab. Ein Blick auf die Grundüberlegungen der vorgestellten Indikatorik erlaubt dabei, Handlungsräume zu definieren, im Rahmen derer die kommunale Resilienz gezielt gestärkt werden kann.

Wie lassen sich Innovations- und Handlungsfähigkeit gezielt stärken?

Der entscheidende Mehrwert einer aussagekräftigen Indikatorik besteht vor allem darin, dass sich mit ihr spezifische Stärken- und Schwächeprofile einzelner Kommunen erstellen lassen. Somit können Entscheidungen evidenzbasiert getroffen und Maßnahmen gezielt ausgesteuert werden. Abhängig davon, ob beispielsweise die Handlungsfähigkeit der Kommune vergleichsweise schwach, die Innovationsfähigkeit jedoch äußerst stark eingeschätzt wird, würden Unterstützungsmaßnahmen vor allem die kommunale Governance, ihre Agilität und/oder die zur Verfügung stehenden Ressourcen in den Blick nehmen.

Aber auch unabhängig vom spezifischen Resilienzprofil einer Kommune können generelle Handlungsoptionen aufgezeigt werden, mit denen sich sowohl die Innovations- als auch die Handlungsfähigkeit – insbesondere im Hinblick auf die digitale Daseinsvorsorge – gezielt stärken lassen. Eine zentrale Stellschraube ist dabei die kommunale Digitalisierung. So formuliert Groß (2022) unter dem Titel „Digitale Daseinsvorsorge. Neue Aufgaben für Kommunen" wie folgt:

„Eine wesentliche Grundlage zur Entwicklung urbaner (und sozialer) Resilienz ist der breite Ausbau digitaler Kompetenzen in der Wirtschaft und der Verwaltung – als Auftrag der kommunalen Daseinsvorsorge, aber auch bei den zivilgesellschaftlichen Akteuren, um Chancengleichheit, Teilhabe und Koproduktion für resiliente Städte und Gemeinden zu ermöglichen." (Groß 2022)

Neben der Stärkung digitaler Kompetenzen in den Kommunen zählen hier eine robuste digitale Infrastruktur, über die auch innovative Services angeboten werden können, und ein aktives Change-Management, das die Veränderungsbereitschaft innerhalb der Verwaltungen fördert, zu den resilienzfördernden Stellschrauben.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Fähigkeit, auf Krisen und Schockereignisse adäquat reagieren zu können, zählt zu einer der zentralen Zukunftskompetenzen von Kommunen. Es verwundert daher kaum, dass der Begriff der Resilienz auch für Kommunen immer mehr an Relevanz gewinnt. Doch was zeichnet eine resiliente Kommune aus, wie lässt sich ihre Resilienz messen – und welche Erkenntnisse können daraus abgeleitet werden, um die Resilienz von Kommunen und ihre Daseinsvorsorge gezielt zu stärken?

Im Gegensatz zu jenen Ansätzen, die Resilienz vor allem als ein Zusammenspiel von Widerstands- und Anpassungsfähigkeit definieren, wird mit diesem Beitrag eine dezidiert innovationsorientierte Perspektive in die Diskussion eingebracht: Weniger die Beständigkeit eines Systems steht dabei im Fokus, sondern vielmehr die Fähigkeit, auf unvorhersehbare und systemkritische Herausforderungen innovative Antworten

zu geben. Angelehnt an diese Grundüberlegung wurde ein Indikatoren- und Fragen-Set entwickelt, mit dem spezifische Stärken- und Schwächeprofile einzelner Kommunen herausgearbeitet werden können. Der Mehrwert solcher Profile besteht vor allem darin, dass Entscheidungen evidenzbasiert getroffen und Maßnahmen gezielt ausgesteuert werden können.

Gleichwohl sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass das vorgestellte Indikatoren-Set einer deutlich detaillierteren Ausarbeitung bedarf: Neben einer ausstehenden Feinjustierung des Fragebogens, der nicht zuletzt auch konkrete Stressszenarien in den Blick nehmen sollte, bedarf es etwa eines Proof of Concept, mit dem die Belastbarkeit der einzelnen Indikatoren bzw. Subindikatoren geprüft werden könnte. Zudem ließe sich der erweiterte Indikator als Ausgangspunkt für ein kommunales Benchmarking mit anderen Kommunen nutzen.

Mit dem erweiterten Resilienzkonzept wird den Kommunen ein pragmatischer Ansatz an die Hand gegeben, der es ihnen erlaubt, die eigene Situation im Rahmen eines Selbst-Checks zu erfassen und erste Anknüpfungspunkte für zielgerichtete Aktivitäten zu ermitteln.

Literatur

Bourdieu, Pierre (1983): Ökonomisches Kapital, kulturelles Kapital, soziales Kapital. In: Reinhard Kreckel (Hrsg.): »Soziale Ungleichheiten«. Soziale Welt (Sonderband 2), S. 183–198.

Bundesministerium des Innern (BMI) (2021): Memorandum „Urbane Resilienz". Online verfügbar unter: www.nationale-stadtentwicklungspolitik.de/NSPWeb/SharedDocs/Blogeintraege/DE/memorandum_urbane_resilienz.html, zuletzt geprüft am 30.06.2022.

Bundesministerium für Finanzen (BMF) (2021): Deutscher Aufbau- und Resilienzplan (DARP). Berlin. Online verfügbar unter: www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Europa/DARP/deutscher-aufbau-und-resilienzplan.html, zuletzt geprüft am 30.06.2022.

Bundesregierung (BReg) (2022): Deutsche Strategie zur Stärkung der Resilienz gegenüber Katastrophen. Umsetzung des Sendai Rahmenwerks für Katastrophenvorsorge (2015–2030) – Der Beitrag Deutschlands 2022–2030. Online verfügbar unter: www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/bevoelkerungsschutz/BMI22017-resilienz-katastrophen.pdf?__blob=publicationFile&v=1, zuletzt geprüft am 15.07.2022.

Deutscher Städte- und Gemeindebund (DStGB) (2022): Deutschland krisenfest machen! Positionspapier vom 09.06.2022. Deutscher Städte- und Gemeindebund (DStGB). Berlin. Online verfügbar unter: www.dstgb.de/publikationen/positionspapiere/dstgb-positionspapier-bevoelkerrungsschutz-090622.pdf?cid=qev, zuletzt geprüft am 05.07.2022.

DKC Kommunalberatung GmbH (2018): Landkreis Saalfeld-Rudolstadt. Modellvorhaben der Raumordnung (MORO). Lebendige Regionen – Aktive Regionalentwicklung als Zukunftsaufgabe. Kommunen im Gleichgewicht – Resiliente Strukturen sichern Zukunft. Hrsg. vom

Auftraggeber "Landkreis Saalfeld-Rudolstadt". Online verfügbar unter: www.kreis-slf.de/fileadmin/user_upload/2018_Endbericht_DKC_TP_Finanzen.pdf, zuletzt geprüft am 30.06.2022.

Ferdinand, Niels; Prem, Richard (2020): Der Beitrag von Normen zur Resilienz von Unternehmen in Krisensituationen. Hrsg. von der Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB). Online verfügbar unter: www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/fachabteilungen/abteilung_9/9.3_internationale_zusammenarbeit/publikationen/PTB_Info_Business_Resilience_DE.pdf, zuletzt geprüft am 04.08.2022.

Figueiredo, Lorena; Honiden, Taku; Schumann, Abel (2018): Indicators for Resilient Cities. Hrsg. von der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD). OECD Regional Development Working Papers, No. 2. Online verfügbar unter: www.oecd-ilibrary.org/docserver/6f1f6065-en.pdf?expires=1649731987&id=id&accname=-guest&checksum=EBBB99A9706C5062DD7C640DDE637E27, zuletzt geprüft am 30.06.2022.

Forsthoff, Ernst (1958): Die Daseinsvorsorge und die Kommunen. Köln-Marienberg: Sigillum-Verlag.

Groß, Marc (2022): Digitale Daseinsvorsorge. Neue Aufgabe für Kommunen. e-government computing. Online verfügbar unter: www.egovernment-computing.de/neue-aufgaben-fuer-kommunen-a-1085813/, zuletzt geprüft am 20.07.2022.

Große Hüttmann, Martin (2020): Governance. Bundeszentrale für politische Bildung (bpb), aus: Martin Große Hüttmann & Gerd Wehling, Das Europalexikon (3. Auflage). Online verfügbar unter: www.bpb.de/kurz-knapp/lexika/das-europalexikon/177023/governance/, zuletzt geprüft am 31.07.2022.

Hafner, Sabine; Hehn, Nina; Miosga, Manfred (2019): Resilienz und Landentwicklung. Pfadwechsel: Vitalität und Anpassungsfähigkeit in ländlichen Kommunen stärken. Kurzfassung. Hrsg. vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF). Online verfügbar unter: www.stmelf.bayern.de/mam/cms01/landentwicklung/dokumentationen/dateien/resilienz_und_landentwicklung.pdf, zuletzt geprüft am 30.06.2022.

Hartmann, Ernst A.; Engelhardt, Sebastian von; Birner, Nadine; Shajek, Alexandra (2018): Intelligenztest für Regionen. iit-Innovationsfähigkeitsindikator. Hrsg. vom Institut für Innovation und Technik (iit). Online verfügbar unter: www.iit-berlin.de/publikation/intelligenztest-fuer-regionen/, zuletzt geprüft am 30.06.2022.

Hartmann, Ernst A.; Engelhardt, Sebastian von; Hering, Martin; Wangler, Leo; Birner, Nadine (2014): Der iit-Innovationsfähigkeitsindikator. Ein neuer Blick auf die Voraussetzungen von Innovationen. Hrsg. vom Institut für Innovation und Technik (iit). iit-Perspektive, Nr. 16. Online verfügbar unter: www.iit-berlin.de/wp-content/uploads/2022/05/Der-iit-innovationsfaehigkeitsindikator-Ein-neuer-Blick-auf-die-Voraussetzungen-von-Innovationen.pdf, zuletzt geprüft am 30.06.2022.

Hornauer, Eva (2022): Definitionen. Was ist eine digitale Daseinsvorsorge? e-government computing. Online verfügbar unter: www.egovernment-computing.de/was-ist-eine-digitale-daseinsvorsorge-a-1087878, zuletzt geprüft am 30.06.2022.

Hornbostel, Lorenz; Tillack, Désirée; Nerger, Michael; Wittpahl, Volker; Handschuh, Alexander; Salden, Janina (2022): Zukunftsradar Digitale Kommune. Ergebnisbericht zur Umfrage 2022. Hrsg. vom Institut für Innovation und Technik (iit) und Deutschen Städte- und Gemeindebund (DStGB). Berlin. Online verfügbar unter: https://www.iit-berlin.de/publikation/zukunftsradar-digitale-kommune-3/, zuletzt geprüft am 04.08.2022.

Kaiser, Theresa; Feldmeyer, Daniel; Goldschmidt, Rüdiger; Wilden, Daniela; Hauer, Moritz; Sauter, Holger et al. (2020): MONARES Leitfaden zur Unterstützung bei der Evaluation von Maßnahmen zur Steigerung der Klimaresilienz. Online verfügbar unter: www.adelphi.de/de/system/files/mediathek/bilder/MONARES%20Leitfaden%20Evaluation%20und%20Wirkungsmessung.pdf, zuletzt geprüft am 04.08.2022.

Klug, Petra (2021): Resilienz als Konzept für Kommunen im demografischen Wandel. Hrsg. von der Bertelsmann Stiftung. Impuls zum demografischen Wandel, Nr. 12. Online verfügbar unter: www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/user_upload/Impuls_12_Resilienz_als_Konzept_fuer_Kommunen_2021.pdf, zuletzt geprüft am 04.08.2022.

Kötter, Theo; Weiß, Dominik; Heyn, Timo; Grade, Jan; Lennartz, Gottfried (2018): Stresstest Stadt – wie resilient sind unsere Städte? Unsicherheiten der Stadtentwicklung identifizieren, analysieren und bewerten. Hrsg. vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt und Raumforschung (BBSR), im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR). Bonn. Online verfügbar unter: www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2018/stresstest-stadt-dl.pdf;jsessionid=9F2CEE73798D2617338CFDA5256E97C0.live21304?__blob=publicationFile&v=1, zuletzt geprüft am 15.07.2022.

Kühn, Hannes (2021): Leistungsfähige Verwaltung – Zukunftsfester Staat. Empfehlungen für eine nachhaltige Modernisierung – in der Krise, wie im Alltag. Hrsg. vom Nationalen Normenkontrollrat. Online verfügbar unter: www.normenkontrollrat.bund.de/resource/blob/72494/1936832/503cc3c5b6d4393803f9b39ef4a0cd99/120625-initiative-leistungsfaehige-verwaltung-zukunftsfester-staat-data.pdf, zuletzt geprüft am 31.07.2022.

Neue Leipzig-Charta (2021): Die transformative Kraft der Städte für das Gemeinwohl. Hrsg. vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR). Online verfügbar unter: www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2021/neue-leipzig-charta-pocket-dl.pdf, zuletzt geprüft am 30.06.2022.

Neumann, Janosch (2020): Was Daseinsvorsorge darf und was nicht. Ein Jurist erklärt. KOMMUNAL. Online verfügbar unter: https://kommunal.de/was-darf-daseinsvorsorge, zuletzt geprüft am 30.06.2022.

Niessen, Pia (2020): Identifikation von Resilienzindikatoren in produzierenden klein- und mittelständischen Unternehmen. Technische Universität Darmstadt (Dissertation). Online verfügbar unter: https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/17520/7/Dissertation_Niessen_final.pdf, zuletzt geprüft am 21.07.2022.

Roth, Florian; Warnke, Philine; Niessen, Pia; Edl, Jakob (2021): Systemische Resilienz – Einsichten aus der Innovationsforschung. Hrsg. vom Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI. Online verfügbar unter: www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/policy-briefs/policy_brief_resilienz.pdf, zuletzt geprüft am 30.06.2022.

Urban Institute and Rockefeller Foundation (2018): Independent Evaluation Finds 100 Resilient Cities. Moving Transformation in Cities Across The Globe. Hrsg. vom Resilient Citiies Network. Online verfügbar unter: https://resilientcitiesnetwork.org/downloadable_resources/UR/100-Resilient-Cities-Midterm-Evaluation-Report-Summary.pdf, zuletzt geprüft am 30.06.2022.

Woetzel, Jonathan; Pinner, Dickon; Samandari, Hamid; Engel, Hauke; Krishnan, Mekala; Boland, Brodie; Powis, Carter (2020): Climate risk and response. Physical hazards and socioeconomic impacts. Hrsg. vom McKinsey Global Institute. Online verfügbar unter: www.mckinsey.de/~/media/mckinsey/business%20functions/sustainability/our%20insights/climate%20risk%20and%20response%20physical%20hazards%20and%20socioeconomic%20impacts/mgi-climate-risk-and-response-full-report-vf.pdf, zuletzt geprüft am 21.07.2022.





Teil II

RÄUME

Die Resilienz von Unternehmen und Wirtschaft in Zeiten externer Schocks

–

Regional verortet. Gemeinsam stark und resilient – Netzwerke als Impulsgeber

–

Lieferkettenresilienz: Krisenfest oder effizient?

–

Resiliente und agile Mobilitätssysteme der Zukunft

6 Die Resilienz von Unternehmen und Wirtschaft in Zeiten externer Schocks

Anne Busch-Heizmann, Stefan Krabel, Leo Wangler

Eine weltweite Finanz- und Wirtschaftskrise gegen Ende der 2000er Jahre, etwa ein Jahrzehnt später die Corona-Pandemie und aktuell kaum zu kalkulierende Auswirkungen eines Krieges auf dem europäischen Kontinent: drei markante Beispiele für externe Schocks, die auf Unternehmen und Wirtschaft einwirken und denen sie standhalten müssen. Da ist es hilfreich, einen Blick auf Theorien, Modelle und Operationalisierungen von Resilienz zu werfen – sowohl aus arbeits- und organisationssoziologischer als auch aus betriebswirtschaftlicher und innovationspolitischer Perspektive.

Das Thema Resilienz ist durch verschiedene externe Schocks in den vergangenen Jahren deutlich ins Bewusstsein gerückt. Exogene Schocks treten in unterschiedlicher Intensität und in zeitlichen Abständen auf. Einschneidende Ereignisse wie die Finanz- und Wirtschaftskrise ab 2007 haben weitreichende Folgen, da sie die Stabilität von Wirtschaftssystemen in ihren Grundpfeilern erschüttern. Die noch andauernde Corona-Pandemie seit Frühjahr 2020 ist ein weiteres Ereignis, das als exogener Schock mit umfassenden Folgen für die Wirtschaft und Gesellschaft einherging. So hat die Corona-Pandemie etwa dazu beigetragen, dass weltweite Lieferketten wie zum Beispiel zu Mikrochips funktionsuntüchtig wurden. In einigen Branchen wurde zudem die persönliche Interaktion mit Kundinnen und Kunden eingeschränkt bzw. zeitweise ausgesetzt, was teilweise die komplette Rücknahme von Produktangeboten zur Folge hatte, wie beispielsweise bei körpernahen Dienstleistungen, Sportveranstaltungen oder Konzerten. Zahlreiche Unternehmen waren gezwungen, ihr Produktportfolio zu ändern, Lieferketten anzupassen und ihr Geschäftsmodell zu erweitern, um Ausfälle kompensieren zu können.

Erneut stehen Unternehmen vor der Herausforderung, mit einem externen Schock umzugehen, denn inzwischen, Mitte 2022, sind die Auswirkungen eines Krieges auf dem europäischen Kontinent spürbar. So belasten drastisch in die Höhe geschnellte Energiepreise die industrielle Produktion. Den Entscheidungsträgern in den Unternehmen stellt sich die Frage, welchen Anteil der dadurch erhöhten Produktionskosten sie auf Kunden übertragen können – und welchen Anteil sie übertragen müssten, um wirtschaftlich agieren zu können.



V. Wittphal, *Resilienz*, https://doi.org/10.1007/978-3-662-66057-7_6

Konfrontiert mit unterschiedlichen externen Schocks in den letzten Jahren, hat das Thema Resilienz in Unternehmen stark an Bedeutung zugenommen. Organisationen müssen auf exogene Schocks reagieren und nicht intendierte Anpassungen vornehmen (Machnig 2021). Das gelingt manchen Betrieben offenbar besser als anderen – und häufig ist zu beobachten, dass ein Teil gestärkt aus Krisensituationen herausgeht (z. B. Brink et al. 2021). Die Frage nach den Charakteristika resilienter Organisationen und die Frage nach einer resilienten Wirtschafts- und Innovationspolitik ist damit von hoher aktueller Relevanz (z. B. Unkrig 2021).

Wie also gehen Unternehmen bzw. allgemein Systeme mit exogenen Schocks um? Offenbar spielen dynamische Aspekte eine große Rolle (Brinkmann et al. 2017a, 2017b). So ist bei der Betrachtung von Zieldimensionen wie Vulnerabilität, Nachhaltigkeit und Stabilität, zugleich der allgegenwärtige Strukturwandel miteinzubeziehen. Hierbei handelt es sich um die grundsätzliche Dynamik, die marktwirtschaftlichen Systemen zu eigen ist, ihren Erneuerungsprozess kennzeichnet und gesellschaftlichen Fortschritt begünstigt. Auch ohne Einwirkung exogener Schocks befindet sich die Wirtschaft also in einem stetigen Wandel, und exogene Schock lassen sich entlang folgender drei Dimensionen diskutieren:

1. Vorbereitende Maßnahmen zur Krisenbewältigung,
2. Abmilderung von Krisenfolgen und
3. Anpassung an sich veränderte Rahmenbedingungen.

Anhand von Wirtschaftsdaten lässt sich nachvollziehen, wie schnell Regionen nach exogenen Schocks in der Lage sind, deren Folgen zu absorbieren (KfW Research 2021). Der Grad ihrer Resilienz hängt davon ab, inwieweit es den handelnden Akteuren in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft gelingt, Systeme auf Krisensituationen vorzubereiten, in Krisensituationen zu reagieren und anschließend die gesellschaftliche Zielfunktion wiederherzustellen. Dabei geht es nicht um eine deckungsgleiche Wiederherstellung des Ausgangszustandes. Vielmehr ist der kontinuierlich stattfindende Strukturwandel einzubeziehen, demzufolge exogene Schocks dynamische Anpassungsprozesse herbeiführen.

Die Abb. 6.1 zeigt, wie sich wirtschaftliche Performance über die Zeit verändert. Ohne exogene Schocks wird ein positiver Trend unterstellt. Treten exogene Schocks auf, werden Veränderungen im Umfeld der Krise messbar. Dann stellt sich die Frage, mit welchen Maßnahmen es gelingt, damit umzugehen. Bei der Anpassung an exogene Schocks ist zu berücksichtigen, dass es aufgrund des permanent stattfindenden Strukturwandels und den damit einhergehenden veränderten Randbedingungen häufig nicht möglich ist – und meist auch nicht zielführend –, zum vorherigen Zustand zurückkehren zu wollen. Volkswirtschaften können gestärkt aus einer Krise hervorgehen (Szenario 1), vorherige Entwicklungspfade erneut einschlagen (Szenario 2) oder geschwächt aus Krisensituationen hervorgehen (Szenario 3).

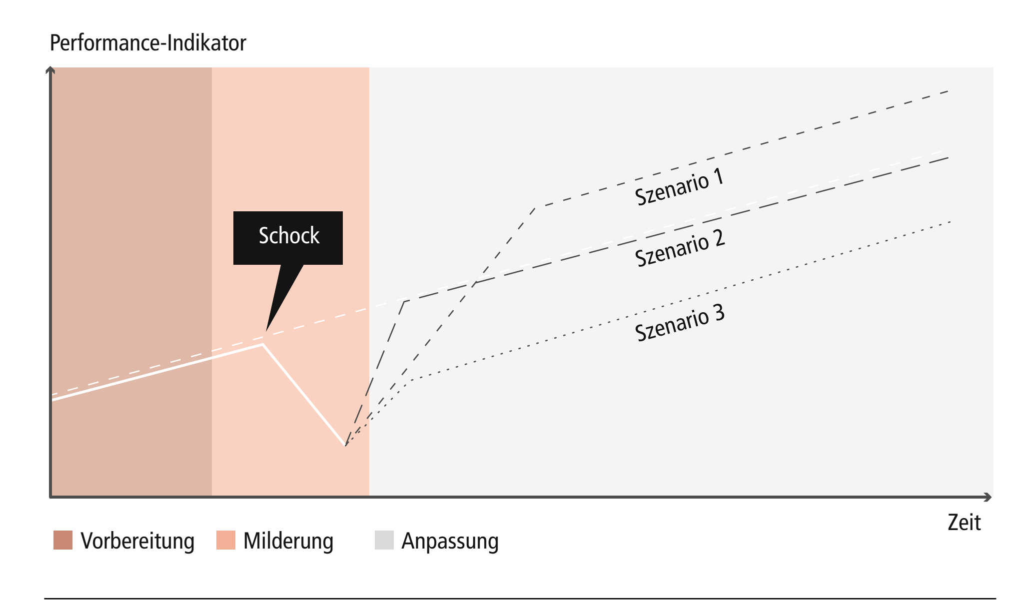


Abb. 6.1 Perfomance im Umfeld einer Krise. (Quelle: Brinkmann et al. 2017a)

„Resilienz" in Unternehmen – Definitionen und Operationalisierung des Begriffs

Was bedeutet nun Resilienz für Organisationen und Beschäftigte? Zunächst stellt sich die Frage, welche Charakteristika Betriebe stärker resilient oder weniger resilient gegen Krisen machen und wie Resilienz bei den Beschäftigten zu charakterisieren ist. Wie hängen organisationale und individuelle Resilienz zusammen? Weisen „resiliente Betriebe" häufiger „resiliente Beschäftigte" auf? Bei Beantwortung der Frage, was „resiliente Betriebe" auszeichnet, kann auf wissenschaftliche Ansätze zu „Firmenresilienz" bzw. „organisationale Resilienz" (vgl. für einen Überblick Flüter-Hoffmann et al. 2018) zurückgegriffen werden. Diese Ansätze gehen davon aus, dass sich Organisationen in ihren Eigenschaften und Ressourcen unterscheiden, auf die sie in Krisenzeiten zurückgreifen können, und die sie entweder widerstandsfähiger oder weniger widerstandsfähig gegen Krisen machen (Roth et al. 2021). Diese Erkenntnis ist aktuell auch mit Blick auf den (digital-technologischen) Wandel des Arbeitsmarktes, der die Arbeitsmarktorganisationen vor tiefgreifende Veränderungen stellt (Kirchner 2015), bedeutsam.

Arbeits- und organisationssoziologische Perspektive auf Resilienz

Da die Definitionen, Konzeptionen und Operationalisierungen des Begriffs der organisationalen Resilienz kaum geordnet vorliegen, haben Hartwig et al. (2016) mittels Literaturanalyse eine Systematisierung vorgenommen, um den Begriff greifbarer zu machen. Im Ergebnis präsentieren die Autorinnen und Autoren ein Phasenmodell,

ähnlich zu dem des vorigen Abschnitts, welches den Umgang mit Krisen anhand von fünf zeitlichen Phasen fasst (Antizipations-, Puffer-, Anpassungs-, Erholungs-, Lernphase, vgl. auch Flüter-Hoffmann et al. 2018). Gleichzeitig müssen die Betriebe bestimmte Eigenschaften und Ressourcen aufweisen oder (weiter)entwickeln, um aus diesen Phasen gestärkt hervorzugehen. Neben strukturellen Ressourcen, also die finanziellen und materiellen organisationalen Bedingungen und ihre Geschäftsmodelle, sind hier besonders zwei Arten von Ressourcen relevant (Flüter-Hoffmann et al. 2018: 45 ff.), und zwar kognitive Ressourcen und relationale Ressourcen: Kognitive Ressourcen beinhalten resilienzfördernde Kompetenzen, Wissen und Qualifikationen der Beschäftigten, die von der Organisation zur Stärkung ihrer Widerstandsfähigkeit „angezapft" und genutzt werden. Krisenzeiten bedeuten häufig die Notwendigkeit, innovative und kreative Antworten auf sich ergebende Fragen zu finden; hierbei kann der Betrieb von den kognitiven Ressourcen profitieren. Weist die Organisation entsprechende Strukturen auf, die solche Ressourcen wie das kreative Potenzial der Beschäftigten fördern und dabei Klarheit, Planungssicherheit und eine möglichst hohe Selbständigkeit der Beschäftigten unterstützen, trägt dies zur Resilienz eines Unternehmens entscheidend bei. Relationale Ressourcen beschreiben das Sozialkapital der Organisationen, also ihre Fähigkeit zur internen und externen Beziehungsgestaltung und Netzwerkbildung, die Bindung der Beschäftigten an den Betrieb, Vertrauen und Zusammenhalt.

Ähnlich formulieren Hartwig et al. (2016) spezifische Maßnahmen, die für die Stärkung der organisationalen Resilienz relevant sind: Neben einer Pufferbildung, die sich auf die Sicherheit technischer Anlagen gegenüber Störungen bezieht, sind das insbesondere die Pflege und Entwicklung der vertikalen und horizontalen Kommunikationsstrukturen sowie die Vertiefung der Qualifikation und Ausweitung des Handlungsspielraumes für die verantwortlichen Personen im Betrieb. Beides hilft dabei, Organisationen resilienter zu gestalten.

Mit Blick auf die kognitiven und relationalen Ressourcen ergeben sich interessante Schnittmengen zu Modellen der Innovationsfähigkeit von Betrieben. Denn auch die Innovationsfähigkeit bestimmt mit, wie erfolgreich Krisen und Veränderungen gemeistert werden können. Sie ist durch drei Aspekte charakterisiert (Hartmann et al. 2014): Humankapital, Strukturkapital und Beziehungskapital. Das Humankapital beinhaltet eine tendenziell wissensbasierte Wertschöpfung mit hoher Aufgabenvielfalt. Das Strukturkapital umfasst flexible, agile und auf Eigenverantwortung und Selbstorganisation setzende Arbeitsprozesse und -strukturen. Und das Beziehungskapital schließlich meint die Vernetzung bzw. Kollaboration mit Externen.[1] Meist steht ein hohes Maß der Ausprägung dieser Kapitalarten mit einer dazu „passenden" Be-

[1] *Die ökonomische Komplexität ist eine vierte Kapitalart der Innovationsfähigkeit, ist aber nur schwer auf betriebliche Ebene übertragbar; siehe hierzu Hausmann et al. (2013).*

triebskultur in Verbindung, die sich durch flache Hierarchien, Offenheit und der Förderung individueller Kompetenzen sowie Eigenverantwortlichkeit auszeichnet (Busch-Heizmann et al. 2021: 17). Die relationalen Ressourcen korrespondieren mit dem Beziehungskapital des Innovationsfähigkeitsindikators, die kognitiven Ressourcen mit dem Human- und Strukturkapital. Hier ergeben sich durch die Zusammenführung beider Konzepte interessante neue Möglichkeiten der auch empirischen Operationalisierung der Anpassungsfähigkeit von Unternehmen an Krisen, die auch innovationspolitische Implikationen haben können.

Weitgehend offen ist noch die Frage, inwieweit resiliente Betriebe auch durch eine resiliente Belegschaft charakterisiert sind. Letzten Endes findet dazu die empirische Studie von Flüter-Hoffmann et al. (2018) auf Basis von verlinkten Betriebs- Beschäftigtendaten (LLP (Linked Personnel Panel)-Betriebsbefragung, LPP-Beschäftigungsbefragung, IAB-Betriebspanel) keine empirischen Belege für einen Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der Resilienz der Betriebe und dem der Beschäftigten. Allerdings sind resiliente Betriebe laut der Analyse durch eine spezifische Personalpolitik im Sinne eines aktiven Leistungsmanagements auf der Grundlage von Gestaltungs- und Handlungsspielräumen und gezielten Qualifizierungsmaßnahmen charakterisiert. Dies kann sich indirekt resilienzfördernd auf die Beschäftigten auswirken.

In qualitativen Fallstudien zu fünf Branchen wurden Auswirkungen der Corona-Pandemie auf betriebliche Transformationsprozesse in Organisationen untersucht (Busch-Heizmann et al. 2021).[2] Ziel war unter anderem herauszufinden, wie die Betriebe in den unterschiedlichen Branchen mit (bereits vor Corona angestoßenen) Transformationsprozessen wie beispielsweise Digitalisierungsprojekten allgemein umgehen und welchen Einfluss quer dazu die Corona-Krise hatte. Unter anderem standen hier auch innovationsförderliche Ressourcen und Kompetenzen der Betriebe und der Belegschaften im Fokus der Untersuchung. Tatsächlich konnten in vielen befragten Betrieben die Transformationsprozesse aufgrund von vorhandenen Ressourcen – insbesondere in Bezug auf die Kompetenzen der Beschäftigten, aber auch hinsichtlich der Organisationsstrukturen und externer Netzwerke – erfolgreich umgesetzt werden. Gleichzeitig wurden im Rahmen der betrieblichen Veränderungsprojekte solche Ressourcen auch weiterentwickelt.

Und auch beim Umgang mit der Corona-Krise wurden die Kompetenzen der Beschäftigten zur Krisenbewältigung als hilfreich erachtet. Interviewpartner und -partnerinnen in den Betrieben hoben hier Flexibilität, Offenheit für Veränderung und die Fähigkeit zum Selbstmanagement sowie einen proaktiven Führungsstil und Kom-

[2] *Dazu wurden in einem Längsschnittdesign pro Fall insgesamt vier leitfadengestützte Interviews geführt, je ein Interview mit der Arbeitgeber- und ein Interview mit der Arbeitnehmerseite im Winter 2020/2021 und im Frühjahr 2021.*

munikationskompetenzen der Führungskräfte hervor. Offenbar scheinen also spezifische Kompetenzen und Ressourcen, die sich in die angeführten Konzepte zur Innovationsfähigkeit und Resilienz einordnen lassen, für ein erfolgreiches Krisenmanagement zentral zu sein. Diese Ressourcen zu stärken, etwa mit spezifischen Programmen, sollte darum auch ein wichtiges Ziel der Innovationspolitik sein.

Ausgehend von den beschriebenen empirischen quantitativen und qualitativen Ergebnissen, wäre ein systematischer Vergleich zwischen betrieblichen Strukturen und Kulturen interessant: Inwieweit sich resilienzfördernde betriebliche Strukturen auch positiv auf die Beschäftigten niederschlagen (sollen), oder möglicherweise eher „Makulatur" sind, dürfte auch eine Frage der Betriebskultur sein. Ist sie beispielsweise eher von Zusammenhalt und Egalität oder eher vom Effizienzgedanken geprägt? (Busch-Heizmann und Rinke 2018). Weiterhin wäre eine empirische Überprüfung von (branchenspezifischen) resilienzförderlichen Kompetenzen von Beschäftigten und Betrieben in einem zeitlichen Vergleich – zum Beispiel vor und während der Pandemie – vorstellbar. Dazu könnten Daten der BIBB-BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2018 und 2023/2024 herangezogen werden.[3] In einer solchen Studie ließen sich die Kompetenzen der Beschäftigten umfassend abbilden. Die betriebliche Ebene könnte hier über repräsentative branchenspezifische Stellvertreter (Proxys) abgebildet werden, die über die Individuen aggregiert werden und Merkmale der Branche wie etwa das Ausmaß der Digitalisierung abbilden. Möglich wäre auch eine Auswertung mit Daten des Sozio-oekonomischen Panels, verknüpft mit dem Linked Employer-Employee-Datensatz SOEP-LEE, der erstmalig 2012 erhoben wurde und im November 2020 in die zweite Runde ging.[4]

Beispiel eines betriebswirtschaftlichen Modells zur Resilienz

Zur Frage der Resilienz in Unternehmen finden sich zwar einige Ansätze in der Fachliteratur, eine einheitliche oder weitgehend einheitliche Nutzung eines spezifischen Modells ist jedoch noch nicht etabliert. Das folgende auf Waibel et al. (2020) fußende Modell arbeitet zum Beispiel drei Faktoren der Resilienz heraus, indem es auf die sie tragenden Säulen Zusammenarbeit des Personals, Produktportfolio und strategische Planung in Unternehmen abhebt:

1) Prinzip der Robustheit: Diversifikation statt Fokussierung

Robustheit kann im Unternehmenskontext als Fähigkeit beschrieben werden, sich gegen einzelne Widerstände zu behaupten. Sie wird vorwiegend durch Diversifikation des Produktangebots erreicht. Lange Zeit stand bei vielen Unternehmen das genaue

[3] *https://www.bibb.de/de/2815.php, zuletzt geprüft am 23.03.2022.*

[4] *https://www.diw.de/de/diw_01.c.799710.de/soep-lee2__die_betriebsbefragung_des_soep_geht_in_die_2._runde.html, zuletzt geprüft am 23.03.2022.*

Gegenteil von Diversifikation im Vordergrund, nämlich die Fokussierung. Kostendruck meinte man am besten begegnen zu können, indem man sich auf einzelne Kernkompetenzen fokussierte und möglichst viele Glieder der Wertschöpfungskette auslagerte. Eine Fokussierung und Spezialisierung hat tatsächlich den Vorteil, Kosten minimieren zu können – hat im gleichen Zug aber den Nachteil, starke Abhängigkeitspfade aufzubauen.

2) Prinzip der Agilität: Experimente statt Planung

Unter dem Begriff Agilität wird häufig die Adaptionsfähigkeit von Unternehmen zusammengefasst. Angesichts disruptiver Veränderungen und externer Schocks ist es überlebenswichtig für Unternehmen, adaptive Fähigkeiten zu kultivieren. In Zeiten, in denen sich die Rahmenbedingungen schnell ändern, bleibt nicht immer Zeit, aufwendige Analyse- und Planungsinstrumente zu entwickeln und zu erproben. Dafür ist einerseits der Zeitdruck oft zu hoch und andererseits oft auch die Datenverfügbarkeit nicht gegeben. Daher sind Unternehmen gezwungen, auf Szenarien, Experimente und schnelle Lernprozesse zu bauen, wenn sie flexibel und adäquat auf schnell wechselnde externe Rahmenbedingungen reagieren wollen.

3) Prinzip der Stabilität: Langfristige Strategie (‚Enkelfähigkeit') statt kurzfristiger Gewinnmaximierung

Erfolgreiche Firmen betonen häufig, wie sinnvoll ein langer Zeithorizont in der Planung ist und sehen dies als einen wichtigen Baustein für ihren Erfolg an. Statt auf kurzfristige Gewinne fokussieren solche Unternehmen auf die Steigerung des Unternehmenswerts über Generationen hinweg. Herausforderungen in der Zukunft werden dabei antizipiert und nötige Anpassungen frühzeitig vorgenommen.

Handlungsfelder zur Erlangung von Resilienz

Die angeführten Modelle belegen auf verschiedenen Analyseebenen, dass langfristig angelegte Strategien, Vielfalt im Produktportfolio und die Fähigkeit zu schneller Anpassung und Planungsänderung wichtige Eckpfeiler sind, die Unternehmen innerhalb von Wirtschaftssystemen resilient machen. In Tab. 6.1 werden fünf Handlungsfelder zur Erlangung von Resilienz aufgeführt. In Abb. 6.2 sind diese Handlungsfelder den drei Säulen des beschriebenen Modells – Robustheit, Agilität und Stabilität – zugeordnet.

Innovationspolitische Implikationen und Nachhaltigkeitsaspekte

Folgt man dem eingangs vorgestellten dynamischen Ansatz von Brinkmann et al. (2017a, 2017b), stellt sich als zentrale Frage, welche Rolle die Innovationspolitik zur Gewährleistung der Resilienz leisten kann – also hinsichtlich vorbereitender Maßnahmen zur Krisenbewältigung, Abmilderung von Krisenfolgen und Anpassungen an sich verändernde Rahmenbedingungen. Roth et al. (2021) betonen dabei zu Recht die Rolle der Innovationspolitik. Denn lokale Ressourcen stärken nicht nur die Innovationsfähigkeit, sondern auch die Resilienz von Systemen. Aus der innovationspolitischen Literatur lassen sich fünf zentrale Erkenntnisse ableiten, die wiederum innovationspolitische Handlungsfelder definieren, die sich positiv auf die Resilienz von Wirtschaftssystemen auswirken. Wichtig sind folgende fünf Aspekte: Dezentralität, Netzwerkbeziehungen, Strategische Intelligenz, Vorausschau und FuE-Finanzierung (Tab. 6.2).

Somit zeigt sich, dass die Innovationspolitik umfassend geeignet ist, um die Resilienz von Wirtschaftssystemen zu stärken. Allerdings liegt die Bedeutung der Innovationspolitik stärker in den zukunftsgewandten und dynamischen Aspekten der Resilienz, weniger stark im Bereich der Abmilderung von Krisenfolgen. Hier wird die Geld- und Fiskalpolitik häufig so eingesetzt, um eine gezielte wirtschaftspolitische Stabilisierung zu ermöglichen. Je stärker die Akteure auf exogene Schocks reagieren, desto wichtiger sind solche kurzfristigen Stabilisierungsmaßnahmen.

Zwar kann die Innovationspolitik auch in der kurzen Frist ergänzend zur Stabilisierungspolitik eine wichtige Rolle spielen (z. B. hinsichtlich der innovationsorientierten öffentlichen Beschaffung), doch je nach Art des exogenen Schocks kann die Innovationspolitische Betonung im kurzfristigen politischen Kalkül der Krisenbewältigung auch ins Hintertreffen geraten. Letztlich zahlt sich wiederum eine nachhaltige strategische Orientierung an der Innovationspolitik aus, da kurzfristige Stabilisierungsmaßnahmen hohe Kosten verursachen.

Die drei Phasen der Krisenbewältigung (X-Achse) werden in der Abb. 6.3 mit dem Nutzen innovationspolitischer Maßnahmen zur Gewährleistung von Resilienz verglichen. Je kürzer die Frist bzw. der politische Handlungsspielraum desto weniger setzt die Politik auf innovationspolitische Instrumente, aufgrund veränderter Kosten-Nutzen-Strukturen, relativ zu anderen Politikmaßnahmen. Damit einher geht die Bedeutung zur Ausrichtung der Innovationspolitik an mittel- bis langfristigen strategischen Zielen (Abb. 6.3).

Im Falle von Krisen bzw. Anpassungen an bereits veränderte Rahmenbedingungen kann die Innovationspolitik weiterhin wichtige Impulse setzen, allerdings greifen die Effekte eher langfristig. Aus einer Kosten-Nutzen-Betrachtung heraus verändern sich die Relationen zum Vorteil anderer (kurzfristig orientierter) Politikmaßnahmen,



Handlungsfelder	Herausforderung für Unternehmen
Experimentell agieren, flexible Prozesse implementieren	Ein wichtiger Faktor der Resilienz ist das Erschließen und Nutzen von Zukunftspotentialen. Dazu ist es neben der Beobachtung von Wettbewerbern, Märkten und Technologien auch nötig, neue Geschäftsmodelle zu testen und mögliche neue Geschäftsfelder ins Auge zu nehmen.
Vernetzung in Forschung/Innovation mit wissenschaftlichen Einrichtungen ausbauen	
Weiterbildung stärken	Die kontinuierliche Weiterbildung des Personals wird häufig als Erfolgsfaktor für Unternehmen betont. Auch für die Resilienz, insbesondere für die Agilität, ist es unabdingbar, dass sich Mitarbeitende schnell in neue Prozesse eindenken und einarbeiten sowie Marktgeschehen interpretieren können.
Technische Infrastruktur – kompatibel und sicher gestalten	Die technische Infrastruktur steht auch für die Rahmenbedingungen in der modernen Arbeitswelt. Sie muss so ausgestaltet sein, dass eine flexible Anpassung von Prozessen stets möglich ist. Gleichzeitig müssen Standards zur IT-Sicherheit eingehalten werden. Ein häufiges Problem ist beispielsweise das Entstehen von ‚Silos' in der technischen Infrastruktur – vorwiegend bei größeren Unternehmen. Letzteres bedeutet unter anderem, dass unterschiedliche Softwarelösungen in verschiedenen Abteilungen gewählt werden, die nur bedingt miteinander kompatibel sind und miteinander nicht kommunizieren können (was die Resilienz vermindert).
Produktdiversifizierung erhöhen	Lieferketten und die Zulieferung von Produkten werden durch externe Schocks ungewisser.

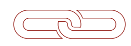
▲ *Tab. 6.1 Handlungsfelder zur Erlangung der Resilienz – Herausforderungen und Handlungsoptionen. (Quelle: eigene Darstellung)*

Robustheit 

- IT-Infrastruktur
- Produktdiversifizierung

Agilität 

- Experimentelles Agieren
- Weiterbildung des Personals
- IT-Infrastruktur

Stabilität 

- Vernetzung, Kooperation mit Unternehmen, Kund:innen und Wissenschaft
- Weiterbildung des Personals



Abb. 6.2 Dimensionen und Handlungsfelder der Resilienz. (Quelle: eigene Darstellung)

wodurch diese vermehrt zum Einsatz kommen. Das gleiche Argument gilt für die Abmilderung von Krisenfolgen. Zwar ist die Innovationspolitik in diesem Bereich von zentraler Bedeutung, doch greifen ergänzend auch andere Instrumente wie die Industrie- und Strukturpolitik, wenn es beispielsweise in erster Linie darum geht, Arbeitsplätze zu erhalten oder zukünftige Arbeitsplätze zu schaffen. Dies kann komplementär zu innovationspolitischen Zielstellungen stehen, jedoch ist dies nicht zwingend der Fall. Auch steigen die relativen Kosten für die Wirkung der Innovationspolitik, weil es mit der reduzierten zeitlichen Perspektive kostspieliger wird, die Versäumnisse aus der Vergangenheit nachzuholen.

Damit einher gehen wichtige Implikationen: Die Innovationspolitik hat aus Nachhaltigkeitsgesichtspunkten den größten Impact, braucht jedoch zeitlichen Vorlauf und eine strategische Orientierung. Je nach Ausrichtung kann dies mit dem positiven Effekt einhergehen, dass die Akteure auch in Zukunft weniger stark auf exogene Schocks reagieren – das System wird resilienter. Je stärker die Abhängigkeit und kürzer die politische Reaktionszeit, desto stärker kommen im politischen Alltagsgeschäft tendenziell andere stabilisierende Instrumente zum Einsatz. Trotz der kurzfristigen Sinnhaftigkeit solcher Maßnahmen, sind diese mit hohen Kosten verbunden. Diese kurzfristigen Kosten lassen sich durch zukunftsgerichtete Innovationsstrategien im Sinne einer verringerten Abhängigkeit von exogenen Schocks reduzieren. Ungeachtet dessen können auch innovationspolitische Instrumente für kurzfristige Stabilisierungsziele zum Einsatz kommen, wie beispielsweise die innovationsorientierte öffentliche Beschaffung.

Fazit

Die Stärkung der Resilienz von Unternehmen und Volkswirtschaften rückt angesichts der aktuellen Häufung externer Schocks (Pandemie, Krieg) in den Fokus der öffentlichen Aufmerksamkeit. Um resilienter zu werden, also weniger anfällig für Auswirkungen derartiger Schocks zu sein, lassen sich Handlungsoptionen skizzieren. So

Faktoren zur Stärkung von Resilienz im Innovationssystem		Handlungsfeld
Dezentralität	Wirtschaftssysteme sind umso funktionsfähiger und reaktionsstärker, wenn Kompetenzen lokal verteilt sind und damit Möglichkeiten bieten um auf lokale Entwicklungen zu reagieren. Dies zeigt mitunter der Blick auf regionale Innovationssysteme. Diese profitieren häufig von innovativen Unternehmen, die innerhalb des Clusters über die Unternehmensgrenzen hinweg positiv auf das gesamte Öko-Innovationssystem wirken. Aus einer innovationspolitischen Betrachtung heraus geht es darum, mit einem regionalen Fokus Forschungseinrichtungen und Wirtschaft zu stärken.	› Gründungsförderung › Stärkung dezentraler Wirtschaftsstrukturen › Stärkung der Region durch leistungsstarke Hochschulen/Universitäten › Duale Ausbildung › Bildungspolitik › Digitale Infrastruktur › ...
Netzwerkbeziehungen	Cluster bzw. Netzwerke stärken dabei enge Beziehungen zwischen den Akteuren, die unterschiedliche Kompetenzen in das Netzwerk einbringen. Netzwerke stärken damit die Innovationsfähigkeit und Resilienz innerhalb der Systeme und wirken gegenüber den tragenden Institutionen vertrauensstiftend. Die Clusterpolitik kann hier wichtige Hilfestellungen leisten.	› Clusterpolitik › Stärkung regionaler Strukturen/Innovationssysteme › Forschungsinfrastrukturen › Förderung des Wissens- und Technologietransfers › Digitalisierung/Vernetzung › ...
Strategische Intelligenz	Es bedarf einer etablierten strategischen Intelligenz, um die Veränderungen strategisch zu begleiten. Auch hier profitiert die Resilienz des Wirtschaftssystems, wenn strategisches Wissen geteilt wird. Durch gestärktes Vertrauen in die Entscheidungsfähigkeit von Systemen erhöht sich die Entscheidungsbasis zur Krisenreaktion. Innovationspolitische Strategien und die missionsorientierte FuE-Politik leisten hier wichtige Beiträge.	› Innovationsstrategie › Missionsorientierung › Strategische Dialoge › Partizipation › Wissenschaftskompetenz › Evaluation/Monitoring › ...
Vorausschau	Die Auseinandersetzung mit Zukunftsszenarien (Foresight-Prozess) stärkt die Resilienz. Durch Zukunftserwartungen wird eine Basis geschaffen, um beispielsweise „schwache Signale" zu erkennen und trotz der Offenheit hinsichtlich des Eintretens zukünftiger Ereignisse, richtungsweisende Ziele zu definieren.	› Foresight › Grundlagenforschung › Datensouveränität › Strategieentwicklung › ...
FuE-Finanzierung	Stärkung von Investitionen für die Grundlagen- und Vorlaufforschung (Kurz FuE-Förderung). Forschungsförderung leistet einen wichtigen Beitrag um grundsätzliche Zusammenhänge zu erkennen, ohne dem Zwang zu unterliegen einen zeitnahen Bezug zu einer konkreten Anwendung herstellen zu müssen. Damit verbundenes Wissen schafft neue Innovationspotenziale. Innovationspolitisch steht dabei die Grundlagenforschung und auch der Wissens- und Technologietransfer in die Anwendung im Fokus der Betrachtung.	› FuE-(Verbund-)Förderung › Gründungsfinanzierung › Steuerliche FuE-Förderung › Innovationsorientierte öffentliche Beschaffung › Gezielte Investitionsanreize (Strukturpolitik) › ...



Tab. 6.2 Faktoren zur Stärkung der Resilienz im Innovationssystem – Beitrag der Innovationspolitik und Handlungsoptionen (Quelle: In Anlehnung an Florian Roth et al. (2021) mit eigenen Ergänzungen)



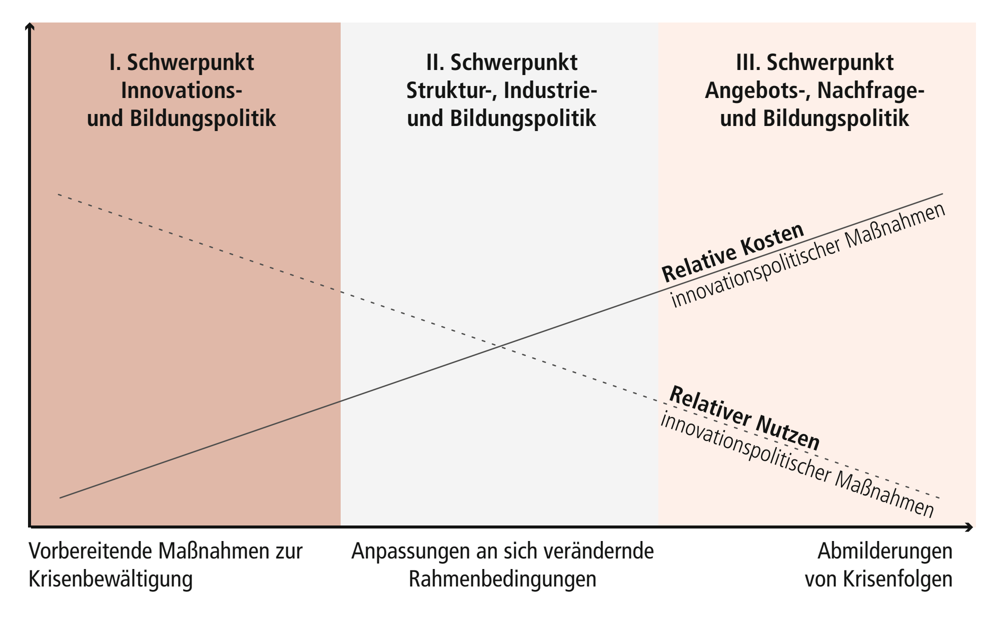


Abb. 6.3 Bedeutung innovationspolitischer Maßnahmen aus einer dynamischen Perspektive (Quelle: Eigene Darstellung)

können Unternehmen durch Produktdiversifizierung und experimentelles Arbeiten weniger abhängig von einzelnen Kundensegmenten und Geschäftsfeldern werden. Die Stärkung von Ressourcen, wie Weiterbildung, das Sozialkapital und die Vernetzung mit Forschungseinrichtungen sowie die Schaffung einer sicheren technischen Infrastruktur, die Informationsflüsse zwischen verschiedenen Organisationseinrichtungen problemlos erlaubt, sind mögliche Instrumente, um Agilität und damit Resilienz langfristig zu stärken. Aus innovationspolitischer Sicht ist eine strategische Orientierung der Politik von hoher Relevanz, ebenso wie die lokale und dezentrale Ausrichtung der Maßnahmen. Wirtschaftssysteme sind umso funktionsfähiger und reaktionsstärker, wenn Kompetenzen lokal verteilt sind und damit die Möglichkeit besteht, lokal auf Entwicklungen zu reagieren.

Literatur

Brink, Siegrun; Löher, Jonas; Levering, Britta; Icks, Annette (2021): Resilienz von Unternehmen: Einflussfaktoren in der Corona-Pandemie. Bonn: Institut für Mittelstandsforschung (IfM) Bonn (IfM-Materialien, 289). Online verfügbar unter https://www.econstor.eu/handle/10419/248423.

Brinkmann, Henrik; Harendt, Christoph; Heinemann, Friedrich; Nover, Justus (2017a): Ökonomische Resilienz. Schlüsselbegriff für ein neues wirtschaftspolitisches Leitbild? Online verfügbar unter https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/NW_Oekonomische_Resilienz.pdf, zuletzt geprüft am 25.03.2022.

Brinkmann, Henrik; Harendt, Christoph; Heinemann, Friedrich; Nover, Justus (2017b): Ökonomische Resilienz — Schlüsselbegriff für ein neues wirtschaftspolitisches Leitbild? In: Wirtschaftsdienst 97 (9), S. 644–650. https://doi.org/10.1007/s10273-017-2191-5.

Busch-Heizmann, Anne; Rinke, Timothy (2018): Der Einfluss betrieblicher Strukturen auf die Verdienste von Frauen und Männern. ergebnisse der Betriebsbefragung des sozio-oekonomischen Panels (SOEP-Lee). In: *WSI Mitteilungen* 2/2018 (71), S. 114–123. Online verfügbar unter https://www.wsi.de/data/wsimit_2018_02_busch-heizmann.pdf, zuletzt geprüft am 23.03.2022.

Busch-Heizmann, Anne; Shajek, Alexandra; Brandt, Arno; Nerger, Michael; Peters, Robert; Thomsen, Maren (2021): Fallstudien zu den Auswirkungen der Corona-Krise auf betriebliche Transformationsprozesse. Begleitforschung zur Arbeitsweltberichterstattung im Auftrag des BMAS, Band 3. Online verfügbar unter https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/Forschungsberichte/fb-580-3-fallstudien-auswirkungen-corona-transformationsprozesse.pdf;jsessionid=782328C7A4E4CD58BFAE8370ADAF30CB.delivery2-master?__blob=publicationFile&v=3, zuletzt geprüft am 23.03.2022.

Flüter-Hoffmann, Christiane; Hammermann, Andrea; Stettes, Oliver (2018): Individuelle und organisationale Resilienz. Theoretische Konzeption und empirische Analyse auf Basis eines kombinierten Beschäftigten-Betriebsdatensatzes. Köln: Institut der deutschen Wirtschaft Köln Medien GmbH (Forschungsberichte aus dem Institut der Deutschen Wirtschaft, 127). Online verfügbar unter https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/IW-Analysen/PDF/2018/Analyse_127_Individuelle_Resilienz.pdf, zuletzt geprüft am 23.03.2022.

Hartmann, Ernst A.; Engelhardt, Sebastian von; Hering, Martin; Leo Wangler, Leo; Birner, Nadine (2014): Der iit-Innovationsfähigkeitsindikator – Ein neuer Blick auf die Voraussetzungen von Innovationen. iit-perspektive Nr. 16. Hrsg. v. Institut für Innovation und Technik. Berlin.

Hartwig, Matthias; Kirchhoff, Britta; Bettina Lafrenz, Bettina; Barth, Anna (2016): Psychische Gesundheit in der Arbeitswelt. Organisationale Resilienz. Hrsg. vom BAuA. Dortmund/Berlin/Dresden. Online verfügbar unter https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/F2353-5.pdf?__blob=publicationFile&v=5, zuletzt geprüft am 23.03.2022.

Hausmann, Ricardo; Hidalgo, César A.; Bustos, Sebastián; Coscia, Michele; Simoes, Alexander; Yıldırım, Muhammed A. (2013): The Atlas of Economic Complexity: Mapping Paths to Prosperity. Cambridge/Massachusetts: MIT Press.

KfW Research (2021) Regionale Resilienz. ein Vergleich der Krisenfestigkeit deutscher Kreise. Online verfügbar unter https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-2021/Fokus-Nr.-328-April-2021-Regionale-Resilienz.pdf?kfwnl=Research.13-04-2021.1132239.

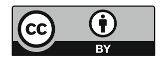
Kirchner, Stefan (2015): Konturen der digitalen Arbeitswelt. Eine Untersuchung der Einflussfaktoren beruflicher Computer- und Internetnutzung und der Zusammenhänge zu Arbeitsqualität. In: *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* 67 (4), S. 763–791.

Machnig, Lisa (2021): Mehr Resilienz: Wie Unternehmen in die eigene Widerstandsfähigkeit investieren. Telekom. Online verfügbar unter https://www.telekom.com/de/blog/konzern/artikel/wie-unternehmen-in-die-eigene-widerstandsfaehigkeit-investieren-629718.

Roth, Florian; Warnke, Philine; Niessen, Pia; Edler, Jakob (2021): Systemische Resilienz – Einsichten aus der Innovationsforschung. Fraunhofer ISI. Online verfügbar unter https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/policy-briefs/policy_brief_resilienz.pdf, zuletzt geprüft am 31.03.2022.

Unkrig, E. (2021): Resilienz im Unternehmen - den Faktor Mensch fördern. Handlungsempfehlungen und praktische Umsetzung. Online verfügbar unter https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-658-34591-4?noAccess=true, zuletzt geprüft am 31.03.2022.

Waibel, Roland; Metzger, Thomas; Tietz, Rigo (2020): Vom System Natur lernen. Wie Firmen nach Corona die VUKA-Welt besser überleben. In: *Der Betriebswirt* 61 (2), S. 69–89, zuletzt geprüft am 31.03.2022.



7 Regional verortet. Gemeinsam stark und resilient – Netzwerke als Impulsgeber

Claudia Martina Buhl, Claudia Ritter

Aufgrund von regionalen Entwicklungs- und Wandlungsprozessen und immer häufiger auftretenden Krisenphänomenen gewinnt der Resilienz-Ansatz in der Regionalentwicklung zunehmend an Bedeutung. Netzwerke sind wegen ihrer regionalen Verbundenheit, gefestigten Kooperationskultur, hohen Innovationsfähigkeit und komplementären Kompetenzen der Netzwerkakteure in der Lage, auf externe Schocks schnell und koordiniert zu reagieren. Damit bilden sie eine ideale Basis, die Vulnerabilität in ihrer Region zu verringern, deren Regenerationsfähigkeit zu stärken und Impulse auch für andere Regionen zu setzen.

Gleich ob strukturstark oder strukturschwach: Regionen stehen vor großen wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und sozialen Herausforderungen. Dabei sind die Ausgangsbedingungen und die endogenen Wachstumspotenziale, also den auf inneren Faktoren beruhenden Entwicklungsmöglichkeiten in den Regionen, sehr unterschiedlich. Megatrends wie Globalisierung, Neo-Ökologie, Sicherheit oder Konnektivität bewirken eine fortlaufende Veränderung oder Neubildung von globalen, nationalen und regionalen Wertschöpfungsketten. Aber auch Treiber wie Digitalisierung, Künstliche Intelligenz oder soziale Innovationen wirken sich spürbar auf die gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklung in den Regionen aus. Schließlich ist die Entwicklung von Kommunen und Regionen von vielfältigen weiteren lokal und regional wirkenden Faktoren abhängig – bis hin zu Krisen und deren Schockwirkungen (Abb. 7.1).

Regionale Resilienz – eine begriffliche Annäherung

Das Konzept der Resilienz in der Regionalentwicklung – Regionale Resilienz – gewinnt auch in Deutschland zunehmend an Aufmerksamkeit. Jedoch gibt es dafür keine allgemein gültige, allumfassende Definition, gleichwohl aber Erklärungsansätze. Im Jahr 2016 definierten die Vereinten Nationen mit Resilienz „die Fähigkeit eines Systems, einer Gemeinschaft oder einer Gesellschaft, sich rechtzeitig und effizient den Auswirkungen einer Gefährdung widersetzen, diese absorbieren, sich an sie anpassen, sie umwandeln und sich von ihnen erholen zu können […]“ (Vereinte Nationen 2016). Das Bundesministerium des Innern und für Heimat versteht unter Resilienz die „Fähigkeit eines Systems, Ereignissen zu widerstehen beziehungsweise sich daran anzupassen und dabei seine Funktionsfähigkeit zu erhalten oder schnell wiederzuerlangen“



V. Wittphal, *Resilienz*, https://doi.org/10.1007/978-3-662-66057-7_7

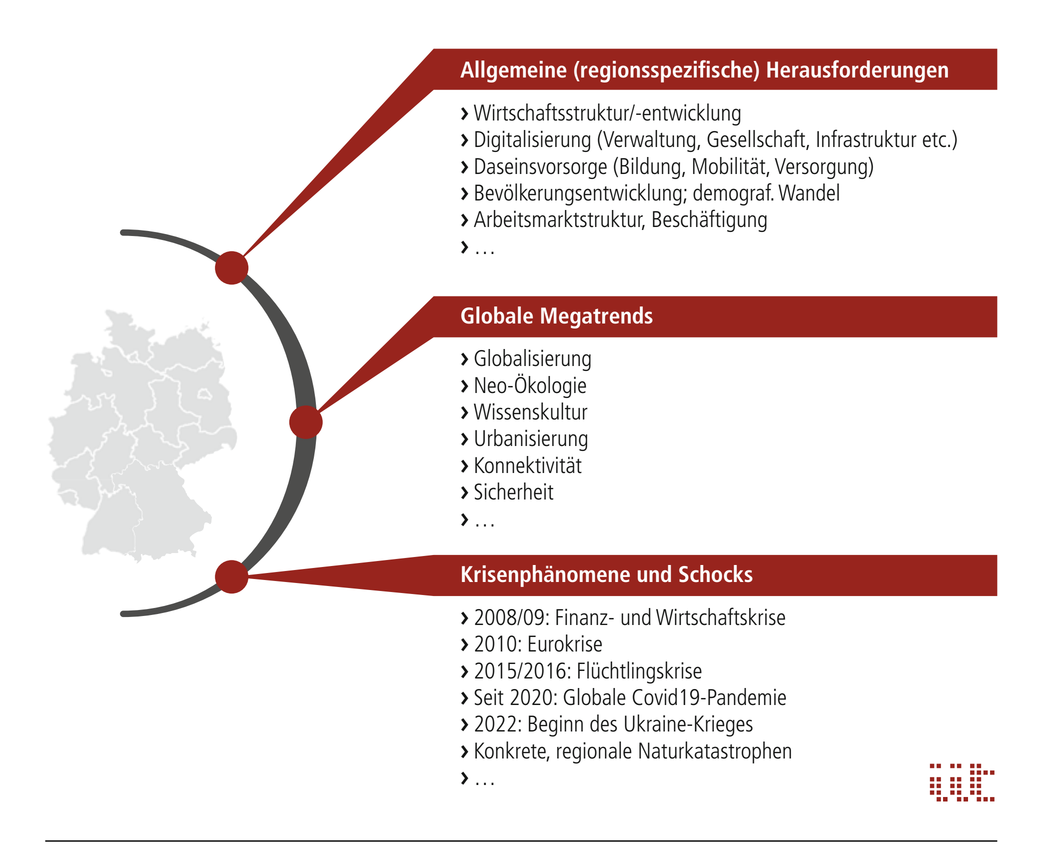


Abb. 7.1 Kategorien regionaler Herausforderungen (Quelle: Institut für Innovation und Technik (iit)[1], eigene Darstellung)

(BMI 2022a). Die Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Greiving 2018) intendiert mit Resilienz, dass aus gemeisterten Krisen Lern- und Stabilisierungsprozesse resultieren, die für die zukünftige Bewältigung von Krisenerscheinungen hilfreich sein können. Das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung wiederum argumentiert, dass Resilienz ein „Gerüstetsein" im Sinne einer Bereitschaft und Vorsorge gegenüber Risiken ist, d. h. es ist ein Prozess zur Vorbereitung auf das Eintreten einer Störung und somit ein präventiver Strukturwandel (BBSR 2018; BMI 2021).

Eine Studie der ÖAR Regionalberatung kam infolge der Finanz- und Wirtschaftskrise ab 2008 zur Erkenntnis, dass resiliente Regionen in Krisensituationen drei unter-

[1] *Vgl. zu "Globale Megatrends": zukunftsInstitut (o. J.)*

schiedliche Entwicklungspfade einschlagen, die durch messbare soziale, ökologische sowie ökonomische Indikatoren wie Risikoexposition, Wertschöpfung, Innovationsfähigkeit, Bevölkerungsentwicklung, Umweltqualität oder Lebenszufriedenheit nachgewiesen werden können. Die drei Entwicklungspfade (Lukesch et al. 2010; regiosuisse.ch 2022a) sind:

- Keine Krise, keine negativen Veränderungen: Eine Region zeigt entsprechend der ausgewählten Indikatoren im Gegensatz zu Vergleichsregionen (andere Regionen national bzw. international) keine krisenhaften Erscheinungen.
- Rasche Erholung aus der Krise, negative Veränderungen werden nach kurzer Zeit wieder ausgeglichen: Eine Region zeigt entsprechend der ausgewählten Indikatoren negative Effekte, findet im Unterschied zu Vergleichsregionen allerdings rasch auf den früheren Entwicklungspfad zurück und kann sich sogar verbessern.
- Abpufferung der Krise, negative Veränderungen werden nach kurzer Zeit überkompensiert: Eine Region zeigt gemäß ausgewählter Indikatoren negative Wirkungen, wenn auch in deutlich milderem Ausmaß als in Vergleichsregionen, und geht relativ gestärkt aus der Krise hervor.

Die verschiedenen Ansätze zusammenfassend, bedeutet Resilienz die Robustheit und Zukunftsfähigkeit von Regionen gegenüber Stresssituationen. Von Bedeutung ist, wie gefährdet eine Region in den Resilienz-Dimensionen ist bzw. wie schnell sie sich erholen kann. Vulnerabilität im Sinne einer Verwundbarkeit gilt hierbei als Maß für die Anfälligkeit eines regionalen Systems. Ein wenig vulnerables System benötigt geringere Anpassungsleistungen und wird voraussichtlich doch im Ergebnis eine höhere Resilienz aufweisen. Die Regenerationsfähigkeit von Regionen wiederum kennzeichnet die Fähigkeit, sich als Reaktion auf ein Krisenphänomen schnell und vollständig zu erholen. Die Regenerationsfähigkeit umfasst einerseits das Vermögen, zum ursprünglichen Wachstumspfad zurückzukehren und andererseits die notwendige Neustrukturierung sowie die Anpassung der Wirtschaftsstruktur (Ragnitz 2021) und weiterer regionaler Strukturen. Somit bedeutet die Regenerationsfähigkeit nicht nur die Rückkehr zum ursprünglichen Kurs vor einem Schock, sondern eine unter Umständen notwendige und auch nachhaltigere Umstrukturierung und Neuausrichtung.

Im Kontext der Regionalen Resilienz ist zudem der entsprechende Raumbezug, das heißt, die regionale Eingrenzung beziehungsweise Betrachtungsebene von Bedeutung. Schließlich ist festzuhalten, dass Regionale Resilienz kein allumfassender und konstant gültiger Zustand oder eine definierte Zielgröße ist, die es für ein fest umrissenes Territorium zu erreichen gilt, sondern eine ständige Entwicklungs- und Anpassungsaufgabe mit unterschiedlichen Dynamik- bzw. Dringlichkeitsausprägungen.

Dimensionen regionaler Resilienz

Regionale Resilienz ist ein Systemansatz, der sich aus unterschiedlichen Resilienz-Dimensionen und -Konzepten zusammensetzt. Unterscheiden lassen sich ökologische Resilienz, sozio-demografische Resilienz, soziale Resilienz, technische Resilienz und ökonomische Resilienz.

Ökologische Resilienz

In der Ökologie wird Resilienz als Fähigkeit eines Ökosystems verstanden, sich von äußeren Einflüssen und Schocksituationen zu erholen. So ist Klimaresilienz beispielsweise die Resilienz ökologischer Systeme gegenüber dem Klimawandel. Laut dem Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung gehören dazu die Auswirkungen des Klimawandels und deren sozioökonomische Konsequenzen hinsichtlich Landnutzung, Landwirtschaft, hydrologischer Systeme, menschlicher Gesundheit und urbaner Räume. Zudem die Anpassungsfähigkeit von Gesellschaften und Ökosystemen unter verschiedenen Klimaszenarien sowie die Synergien zwischen Klimawandelanpassungen und -vermeidung und schließlich zur Sicherstellung einer nachhaltigen gesellschaftlichen Entwicklung (Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung 2022).

Sozio-demografische Resilienz

Sozio-demografische Resilienz beschreibt die Widerstands- und Erholungsfähigkeit im sozio-demografischen Kontext. Dazu gehören der demografische Wandel mit seinen verschiedenen Ausprägungsformen wie Alterung, Fachkräftemangel oder Migration (Kilper et al. 2017) und Entwicklungen aufgrund sozio-demografischer Merkmale wie Alter, Geschlecht, Bildung, Migrationshintergrund, Beschäftigung, Einkommen, ethnische Zugehörigkeit oder Religionszugehörigkeit.

Soziale Resilienz

Mit sozialer Resilienz wird die grundsätzliche Fähigkeit von Gesellschaften verstanden, externe Störungen zu verkraften, ohne dass sich wesentliche Systemfunktionen ändern. In wirtschaftlichen Systemen ist die soziale Resilienz bedeutsam auf der Unternehmensebene, auf der persönlichen Ebene der Mitarbeitenden und auch im Kontext von Kooperationen. Soziale Resilienz ist eine Ressource, die im Zuge der fortschreitenden Globalisierung und des damit einhergehenden Wandels, vor allem hinsichtlich Innovationskraft, Anpassungskapazitäten sowie Leistungsfähigkeit, immer wichtiger wird (Waltersbacher et al. 2021).

Technische Resilienz

Die Fähigkeit von technischen Systemen und digitalisierten Infrastruktursystemen, bei Störungen oder Ausfällen zumindest teilweise zu funktionieren und ein Mindestmaß an erforderlichen, wesentlichen Systemdienstleistungen aufrechtzuerhalten, wird als technische Resilienz bezeichnet. Technische Resilienz ist besonders im Hin-

blick auf die Resilienz kritischer Infrastrukturen (KRITIS) gefragt, also der Resilienz von Einrichtungen und Anlagen, die von hoher Bedeutung für das Funktionieren des Gemeinwesens sind (BMI 2022b).

Ökonomische Resilienz

Ökonomische Resilienz ist die Fähigkeit von Wirtschaftssystemen, vorbereitende Maßnahmen für die Bewältigung von Krisen unterschiedlicher Art zu treffen, um Schocksituationen unmittelbar abzumildern und sich schnell an veränderte Rahmenbedingungen anzupassen. Dabei wird der Resilienzgrad in der Wechselwirkung zwischen Vulnerabilität und Regenerationsfähigkeit dadurch markiert, „inwieweit Handeln und Zusammenspiel von Politik, Wirtschaft und Gesellschaft die Performance der Volkswirtschaft gemäß Bewertung durch die gesellschaftliche Zielfunktion auch nach einer Krise sicherstellen kann“ (Bertelsmann Stiftung 2017). Mit Blick auf regionale Räume kommt es bei der ökonomischen Resilienz unter anderem auf eine gute Balance zwischen Diversifizierung und Spezialisierung in der regionalen Wirtschaftsstruktur an. Eine hohe Diversifizierung vermeidet einseitige Abhängigkeiten sowie „lock ins“ und kann flexibel neue Entwicklungspfade eröffnen. Jedoch kann eine unkoordinierte hohe Diversifizierung auch eine sich negativ auswirkende Kleinteiligkeit bedeuten. Demgegenüber schafft eine hohe wirtschaftliche Spezialisierung auf Basis einer größeren Anzahl daran beteiligter Unternehmen in einer Region kritische Größen, um Themen und Aufgaben professionell sowie effizient bewältigen zu können und stärkt die Wettbewerbsfähigkeit. Gleichwohl kann eine hohe Spezialisierung längerfristig zu Pfadabhängigkeiten führen (Handler 2017).

In einer vergleichenden Auswertung verschiedener Studien zur wirtschaftlichen Spezialisierung beziehungsweise Diversifikation einer Region stellte das ifo Institut 2021 fest, dass sich eine höhere Resilienz bei einer diversifizierten Wirtschaftsstruktur feststellen lässt. Eine Spezialisierung wirkt sich nur dann positiv aus, wenn diese in besonders dynamischen Sektoren stattfindet. Ebenso berichten die meisten Studien von einer größeren Resilienz des primären und tertiären Sektors im Vergleich zum sekundären, was u. a. einer stärkeren Konjunkturabhängigkeit des sekundären Sektors geschuldet ist. Traditionell gibt es drei Sektoren in der Wirtschaft: den primären (Landwirtschaft und die damit verbundenen Bereiche), den sekundären (Industrie) und den tertiären (Dienstleistungen) Sektor. Eine Region hat somit auch bei eingeschränkten Möglichkeiten, auf vorhandene Gegebenheiten einzuwirken, einen gewissen Einfluss auf die eigene Resilienz durch eine geschickte Ausrichtung und Auswahl lokaler Strukturen (Ragnitz 2021).

In einer Zusammenschau der genannten fünf Resilienz-Dimensionen ergeben sich zwingend zwei Handlungsfelder zur Entwicklung von Resilienz: Zum einen müssen Regionen innerhalb der Resilienz-Dimensionen sukzessive ihre Vulnerabilität verringern und zum anderen müssen sie für Krisen mit der Entwicklung von Bewältigungsstrategien vorsorgen. Dafür sind koordinierte Steuerungs-, Gestaltungs- und Aus-

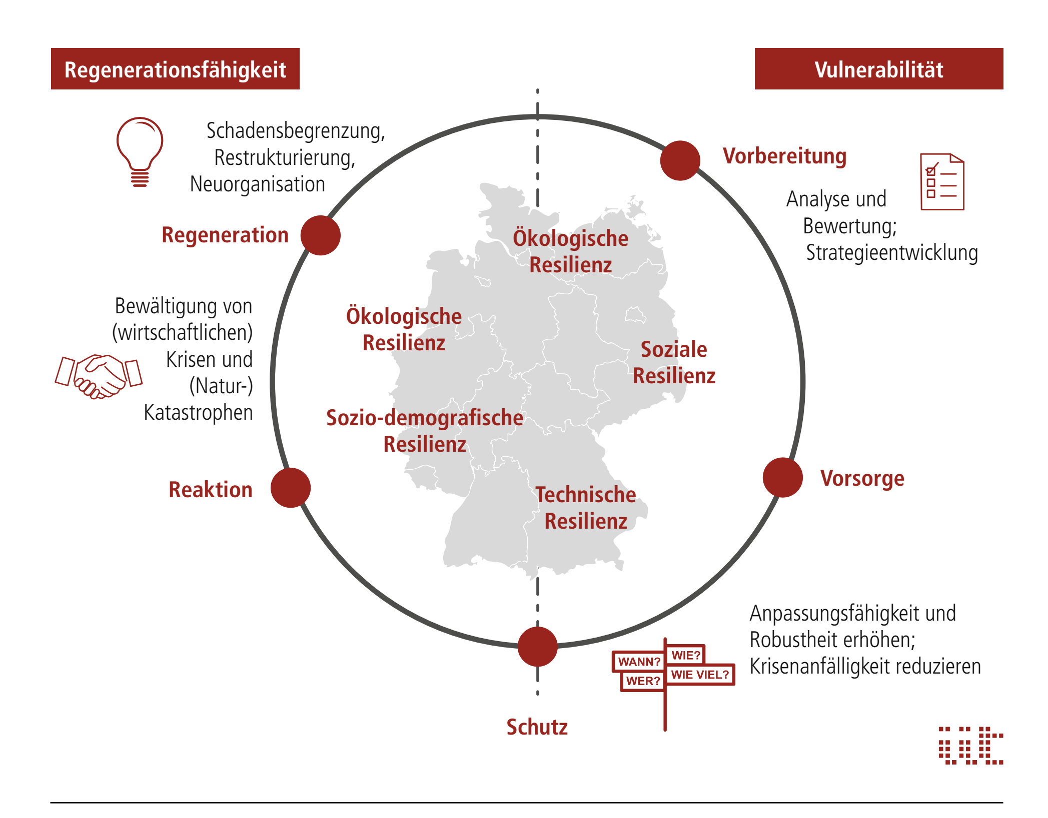


Abb. 7.2 Resilienzzyklus und Dimensionen „Regionaler Resilienz"; (Quelle: Institut für Innovation und Technik (iit), verändert nach Jakubowski et al. 2013 sowie Bundesinstitut für Bau-, Stadt und Raumforschung 2018: 14)

gleichsprozesse wichtig, die das Grundprinzip der nachhaltigen Entwicklung gezielt mit wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Diversifizierung, Lernen und Adaption, Zukunftsorientierung, Innovation und Fehlerkultur verbindet (Lukesch et al. 2010). Gleichwohl ist Resilienz kein erreichbarer Zielzustand, sondern eine spezifische Herangehensweise an sich zum Teil rasch ändernde äußere Umstände. Es geht darum, endogene Potenziale zu erkennen, Partner gezielt zusammenzubringen, Experimentierräume zu schaffen und gemeinsam Lernprozesse zu forcieren, um dadurch einen passfähigen Umgang mit Krisen zu erreichen (regiosuisse.ch 2022a und 2022b).

In der Entwicklungs- und Sozialpsychologie hat sich das „Modell der 7 Resilienzsäulen" durchgesetzt, das auf Forschungsergebnissen von Karen Reivich und Andrew Shatté (Reivich und Shatté 2003) beruht. Die sieben Säulen – Optimismus, Akzeptanz, Opferrolle verlassen, Verantwortung übernehmen, Lösungs-/Zielorientierung, Zukunftsorientierung und Netzwerkorientierung – fassen zusammen, was die Schlüs-

selfaktoren für die Stärkung der individuellen Widerstandskraft sind. Übertragen auf die Ebene Region sind für deren Streben nach Verringerung der Vulnerabilität und Stärkung der Regenerationsfähigkeit besonders vier dieser Schlüsselfaktoren entscheidend: Verantwortung übernehmen, Lösungs-/Zielorientierung, Zukunftsorientierung und Netzwerkorientierung.

Genau diese vier Faktoren sind es auch, die über Erfolg oder Misserfolg regionaler Netzwerke entscheiden, wobei die anderen drei Schlüsselfaktoren zur Stärkung der individuellen Widerstandskraft – Optimismus, Akzeptanz und Opferrolle verlassen – gewissermaßen im Hintergrund mitschwingen. Offensichtlich sind die Annahmen aus der Entwicklungs- und Sozialpsychologie durch die ihnen immanenten Schlüsselfaktoren dazu prädestiniert, in Regionen eine wichtige Rolle bei der Verringerung der Vulnerabilität und der Verbesserung der Regenerationsfähigkeit einzunehmen. Tatsächlich zeugen Best-Practice-Beispiele aus der Cluster- und Netzwerklandschaft in Deutschland und weltweit davon, wie regionale Clusterinitiativen und Netzwerke auf Basis dieser Schlüsselfaktoren eine Resilienz-fördernde Rolle längst wahrnehmen.

Regionale Netzwerke als Impulsgeber für mehr Resilienz

Deutschland und Europa sind inzwischen durch eine Vielzahl an regionalen sowie sektoralen Clusterinitiativen und Netzwerken[1] geprägt. In den vergangenen rund drei Jahrzehnten wurden in nahezu allen Branchen und Industriezweigen durch privatwirtschaftliche Aktivitäten und unterstützende förderpolitische Maßnahmen regionale Netzwerke gegründet. Seither entwickeln sie sich rasant und sind mit ihren Managementstrukturen inzwischen ein bedeutender Faktor des Innovationsökosystems. In der Politik hat man erkannt, wie wertvoll regionale Netzwerkstrukturen sind: Die in ihnen engagierten Unternehmen, universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen sowie zahlreiche weitere Institutionen haben eine neue Qualität in das Innovationsgeschehen eingebracht und widmen sich auch den großen Herausforderungen und Zukunftsfragen unserer Zeit.

[1] *Anm.: In der Literatur gibt es unterschiedliche Begriffe im Cluster-/Netzwerkkontext, die teils synonym verwendet werden oder sich nur durch geringe Definitionsnuancen unterscheiden. Neben dem „Cluster"-Begriff nach M. E. Porter als Ansatz für die geografische Konzentration von miteinander verbundenen Unternehmen und Institutionen in verwandten Branchen in einer Region, sind das u. a. „Regionale Clusterinitiativen", „Regionale Netzwerke" oder „Clusternetzwerke" für die intensive, zumeist institutionalisierte Wissenschafts-Wirtschafts-Kooperation. Für diesen Beitrag wird der Begriff „Regionales Netzwerk" verwendet.*

Langjährig existierende regionale Netzwerke mit professionellen, leistungsstarken Netzwerkmanagements arbeiten aufgrund ihres vielfältigen, zumeist beständigen Beziehungsgeflechts und Kooperationsgefüges kontinuierlich an innovativen Lösungen, gerade auch hinsichtlich der Globalen Megatrends[2] und weiterer regionaler Bedarfslagen. Zugleich können Netzwerke zügig auf plötzlich auftretende Herausforderungen reagieren. Positive gemeinsame Erfahrungen, zusammen Erreichtes, eine gelernte offene Kommunikation und ein vertrauensvoller Umgang miteinander sind die Basis für ein agiles Mindset und schnelle, umfassende Reaktionen auf externe Schocks. Die bereits etablierte Verbindung über fachliche, gesellschaftliche und politische sowie regionale Grenzen hinweg, ermöglicht in Krisenfällen eine umfassend abgestimmte Reaktion, die den Bedarf und die Möglichkeiten der verschiedenen Partner berücksichtigt. Somit ist eine hohe Wahrscheinlichkeit gegeben, dass die Reaktionen zielführend, angemessen und auch nachhaltig wirksam sind. Auch wenn regionale Netzwerke vordergründig so genannte Innovationsnetzwerke sind und der Fokus auf der Steigerung der Innovationsdynamik der Beteiligten liegt, strahlen die Aktivitäten der Netzwerke auf andere Teilbereiche in der Region aus: auf Arbeitsmarkt- und Beschäftigungsstruktur, Qualifizierungsniveaus, Daseinsvorsorge oder technische und digitale Infrastrukturen.

Netzwerke mit ihrer hohen Verbundenheit mit der Region, in der sie ansässig sind, arbeiten gemeinsam mit weiteren regionalen Institutionen an deren Zukunftsfähigkeit, sind Impulsgeber und Gestalter regionaler Entwicklungsthemen, tragen zu stabilen, leistungsfähigen Strukturen und Prozessen bei sowie zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit. Allerdings hat das Merkmal Wettbewerbsfähigkeit vor dem Hintergrund der globalen Entwicklungen eine Neuprägung erfahren, die nicht mehr nur auf quantitatives Wachstum („mehr“) setzt, sondern auch qualitative Dimensionen („besser“) beinhaltet. Die Diskussion um die Dekarbonisierung von industrieller Produktion, Mobilität und Energiewandlung im Zuge des europäischen Green Deal und entsprechender nationaler Entsprechungen hat sich neben der digitalen Transformation als zweites grundlegendes Handlungsparadigma auch in den Regionen durchgesetzt.

Aus diesem Grund scheint die Orientierung an einem Referenzrahmen für die regionale Zukunftsfähigkeit naheliegend, der eine universelle Gültigkeit hat, weltweit etabliert ist und die Ziele für eine gewünschte zukünftige Entwicklung beschreibt. Einen solchen Referenzrahmen bieten an sich die 17 Ziele für eine nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals – SDGs) der Agenda 2030 der Vereinten Nationen.

[2] *Anm.: Bei den Globalen Megatrends handelt es sich um Gender Shift, Gesundheit, Globalisierung, Konnektivität, Individualität, Mobilität, Sicherheit, New Work, Neo-Ökologie, Wissenskultur, Silver Society und Urbanität (zukunftsInstitut o. J.).*

Auch wenn eine nachhaltige Entwicklung eher auf einen längeren Zeithorizont ausgerichtet ist, so sind die 17 SDGs im Moment eines Schocks als Orientierung an übergeordneten Zielen hilfreich, um zügig in die „richtige Richtung" zu arbeiten. Nachhaltigkeit ist im Vergleich zur Resilienz der umfassendere Begriff: Resilienz stellt eine notwendige, aber nicht hinreichende Bedingung für Nachhaltigkeit dar (Brinkmann et al. 2017). Dieser Referenzrahmen wird auch in der im Jahr 2022 durch die Bundesregierung verabschiedeten Resilienzstrategie (Deutsche Strategie zur Stärkung der Resilienz gegenüber Katastrophen, BMI 2022a) aufgegriffen. Zugleich muss konstatiert werden, dass 11 der 17 Nachhaltigkeitsziele in ihrer Erreichung bis zum Jahr 2030 gefährdet sind, weil gemäß eines Berichtes der Weltorganisation für Meteorologie der Wert, die Erderwärmung auf höchstens 1,5 Grad zu begrenzen, bereits bis im Jahr 2026 überschritten werden könnte (World Meteorological Organization 2021). Dadurch erhöht sich für Regionen noch einmal die Dringlichkeit, noch schneller und adäquat auf die Herausforderungen zu reagieren.

Regionale Resilienz beschreibt im einfachsten Fall die Toleranz eines solchen Systems gegenüber externen Störungen, also seine Fähigkeit, anschließend in seine Ausgangslage zurück zu gelangen, sofern nicht ein gewisser Schwellwert überschritten wird. (Abb. 7.3a) In komplexen, lebenden Systemen, zu denen auch regionale Wirtschaftssysteme oder regionale Netzwerke zählen, sind jedoch mehrere stabile Zustände denkbar oder auch erreichbar. Das illustriert die Abb. 7.3 rechts in einer

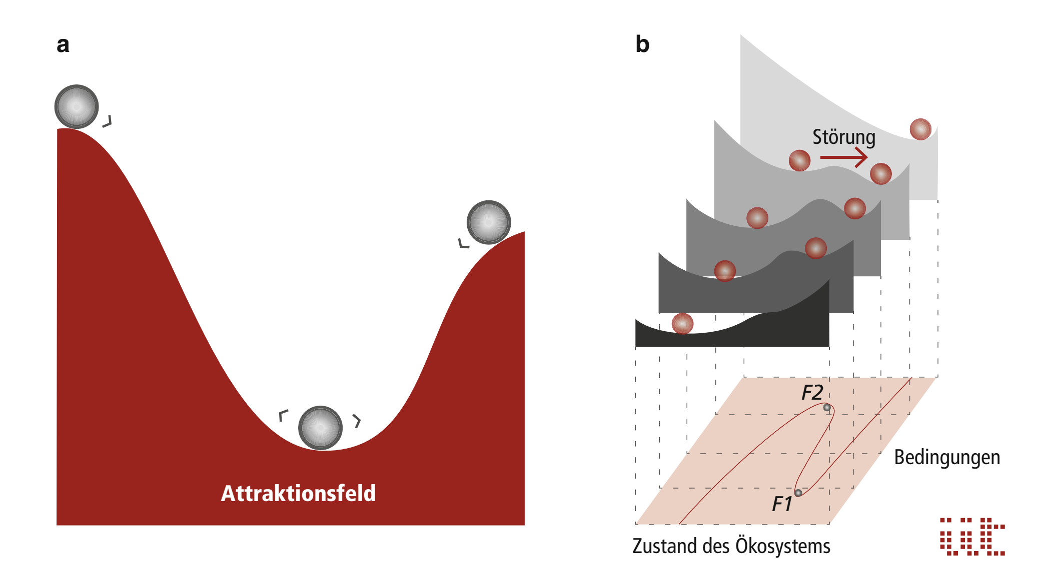


Abb. 7.3 Einfache **a***) und multiple* **b***) Gleichgewichtszustände (Quelle: Lukesch 2010: 13, eigene Darstellung)*

ergänzenden dritten Dimension. Es existiert eine starke Wechselwirkung zwischen den externen äußeren Einflüssen (Bedingungen) auf die möglichen Gleichgewichtszustände des Ökosystems. Auch labile Zustände oder Bedingungen mit mehreren stabilen Zuständen sind denkbar.

Resiliente Netzwerke sind also in der Lage, nach einer Störung einen gewissen Schwellenwert überwinden zu können und sich in Richtung alternativer stabiler Zustände zu bewegen – unter den neuen Bedingungen wieder Prosperität zu erlangen und sich weiterzuentwickeln. Diese Fähigkeit „strahlt" auf die Resilienzfähigkeit der Region aus, indem sie diese so in einen neuen Gleichgewichtszustand „mitnehmen". Welcher der möglichen Zustände erstrebenswert ist, hängt in hohem Maße vom individuellen Blickwinkel und regionalen Erfordernissen und Bedürfnissen ab – beides ist den Netzwerken bewusst und bekannt und der individuelle Blickwinkel ist bereits auf Grund einer breiten Partnerstruktur geweitet und ausgeglichener. Auch ist nicht zwangsläufig ein Verweilen in der „Talsohle" (dem Minimum der Kurve) erstrebenswert, da ein kontinuierlicher Anpassungsprozess möglich bleiben soll und somit die Höhe der Schwellen nur eine trügerische Sicherheit darstellen kann. Sie können nämlich zum Hindernis auf dem Weg aus der nächsten, aktuell noch nicht vorhersehbaren Krise werden, wenn sie dann eine nur mit unverhältnismäßigen Anstrengungen zu überwindende Schwelle darstellen. Lernen, innovieren und agil bleiben werden somit sichtbar zu Grundvoraussetzungen, um unter sich rasch wandelnden äußeren Bedingungen stabil und erfolgreich zu bleiben. Und erneut zeigt sich das Wechselspiel von Vulnerabilität und Regeneration: Netzwerke unterstützen die Region dabei, beides in einem „gesunden" Verhältnis auszutarieren – und zwar mit ihrer Fähigkeit, nicht nur zügig zurück zum altbewährten Zustand zu gelangen, sondern unter neuen Gegebenheiten auf eine erstrebenswerte und zukunftsfähige neue Anpassung hinwirken zu können.

Regionale Netzwerke sind strukturell, organisatorisch sowie thematisch sehr heterogen und zeichnen sich durch unterschiedliche Entwicklungsdynamiken und Handlungsspektren aus. Das ist von verschiedenen Faktoren abhängig, beispielsweise davon, ob es sich um ein branchenspezifisches oder -übergreifendes Netzwerk handelt, wie es strukturell aufgestellt ist, welche regionalen Rahmenbedingungen etwa auch hinsichtlich Strukturstärke oder -schwäche gegeben sind, welche endogenen Entwicklungspotenziale vorhanden sind und nicht zuletzt inwieweit regionale Netzwerke in Aktivitäten weiterer Institutionen und Initiativen der jeweiligen Region eingebunden sind. Es zeigt sich, dass sich in Regionen immer stärker ein ganzheitliches Vernetzungsverständnis unter Einbindung von Beteiligten aus der Zivilgesellschaft durchsetzt und in regionalen Netzwerken der sogenannte Quadruple-Helix-Ansatz (Bertelsmann Stiftung 2021) als Zusammenwirken von Wissenschaft, Wirtschaft, Politik beziehungsweise Administration und Gesellschaft abgebildet ist, so dass regionale Entwicklungsprozesse gemeinsam aufgegriffen und Herausforderungen zusammen bewältigt werden können.

Regionale Netzwerke bieten Schutz

Netzwerke mit einem dezidierten Raumbezug, einer hohen Verbundenheit mit der Region und einem Engagement, das deutlich über innovations- und wirtschaftsbezogene Aktivitäten hinausgeht, sind seit jeher wichtig, um regionale Resilienz zu stärken, indem Effekte generiert werden, die eine Verringerung der Vulnerabilität nach sich ziehen. Gerade ein branchen- und technologieübergreifender Ansatz eröffnet Chancen für gering verdichtete Räume, also für ländliche oder strukturschwache Regionen, deren regionale Branchentiefe und wirtschaftliche Komplexität bisher aufgrund fehlender oder unvollständiger Wertschöpfungsketten nur unzureichend sind. Dadurch können Innovations- und Entwicklungspotenziale gehoben werden, die wiederum Effekte auf nachgelagerte regionale Aspekte haben.

Generell leisten Netzwerke in den Einzeldimensionen der regionalen Resilienz unterschiedliche Beiträge. Übergreifend über alle regionalen Netzwerke sind das in der Regel Beiträge in den drei Dimensionen ökonomische Resilienz, soziale Resilienz und sozio-demografische Resilienz. Entsprechend ihrer Thematik generieren Netzwerke auch substanzielle Effekte im Kontext der ökologischen Resilienz und der technischen Resilienz. Beispiele hierfür sind regionale Netzwerke aus dem Umwelt- und Energiebereich, die unter anderem im Kontext der Kreislaufwirtschaft, Wasserstoffanwendungen, regionalen Klimaschutz- und -anpassungsmaßnahmen, der dezentralen erneuerbaren Energieerzeugung und -versorgung oder der Dekarbonisierung der Industrie tätig sind. Darüber hinaus können Netzwerke auch eine Scharnierfunktion zu anderen Regionen übernehmen und erfolgreiche Ansätze zur Verringerung der Vulnerabilität übertragen.

Regionale Netzwerke stärken die Regenerationsfähigkeit

In zahlreichen Publikationen werden die positiven Effekte von leistungsfähigen Netzwerken auf die regionale Entwicklung beschrieben. Allerdings übernehmen regionale Netzwerke auch wichtige Aufgaben in den Phasen „Reaktion“ und „Regeneration“ infolge externe Systemschocks unterschiedlicher Art wahr (siehe Abb. 7.2). So erwies sich während der Covid19-Pandemie die regionale Vernetzung als ein Erfolgsfaktor zur Bewältigung der Herausforderungen in Wirtschaft und Gesellschaft in unterschiedlichen Regionen. Ein Beispiel dafür sind die regionalen Netzwerke des Programms „go-cluster“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz. Deren Aktivitäten reichten von der Herstellung medizinischer Schutzausrüstung über die Produktion von Desinfektionsmitteln bis hin zur Initiierung und Durchführung von Forschungs- und Entwicklungsprojekten im Bereich der Wirkstoffforschung und zur Behandlung von erkrankten Personen. Auch unterstützten diese Netzwerke im Zuge der Pandemie Einrichtungen im Gesundheitsbereich bei Lieferengpässen. Das jeweilige Netzwerkmanagement übernahm dabei in der Regel eine impulsgebende und koordinierende Funktion, während die Umsetzung den Netzwerkpartnern oblag (BMWi 2020). Ein

weiteres Beispiel ist die Unterstützung, die Netzwerkmanagements solchen Netzwerkmitgliedern geben konnten, die, eingebunden in ein System unterschiedlicher globaler Wertschöpfungs- und Lieferketten, während der Pandemie von Grenzschließungen und einem damit einhergehenden gebremsten Warenverkehr bei hoher Nachfrage nach systemrelevanten Produkten und Produktionsverzögerungen betroffen waren. So gelang es beispielsweise gemeinsam mit Logistikanbietern, Lieferketten unter Einhaltung behördlicher Vorgaben neu und zuverlässig zu organisieren, neue Kooperationspartner zu identifizieren und Geschäftskontakte anzubahnen beziehungsweise Zuliefererportale für Austauschbeziehungen zu implementieren (BMWi 2020).

Zudem entwickelten die Netzwerkmanagements kurzfristig auch neue Informations- und Beratungsformate. In Webinaren, digitalen Einzelgesprächen, Podcasts, Blogs, Newslettern und über die Internetseiten informierten sie branchen- und zielgruppenspezifisch über aktuelle Entwicklungen zur Pandemie, aber auch zu anderen Themenbereichen im Rahmen der Abmilderung wirtschaftlicher Folgen wie Informationen über die Soforthilfen des Bundes und der Länder, Fragen zum Kurzarbeitergeld, Aspekte von Arbeitnehmerüberlassungen, Rechtsberatungen sowie das Konjunkturpaket des Bundes (BMWi 2020). In diesem Zusammenhang nahmen die Mitglieder des Programms „go-cluster" die wichtige Rolle der branchenspezifischen Multiplikatoren ein. Durch diese unterschiedlichen Bewältigungsaufgaben und den Informations- sowie Erfahrungsaustausch der Netzwerkmanagements untereinander wurde viel Wissen aufgebaut, das für künftige Krisensituationen nützlich sein kann.

Entwicklungsperspektiven regionaler Netzwerke

Die Herausforderungen, denen sich Regionen gegenübersehen, sind äußerst vielfältig. Neben Aspekten, die alle Regionen gleichermaßen betreffen wie Globalisierung, Digitalisierung oder Bewältigung des demografischen Wandels kommen – jedoch von Region zu Region mit unterschiedlichen Ausprägungen – regionale Problemlagen hinzu wie etwa wirtschaftliche Strukturschwäche mit geringerer regionalwirtschaftlicher Leistungsfähigkeit und unterdurchschnittlichem Bruttoinlandsprodukt, niedrigere Innovationsfähigkeit, angespanntem Arbeitsmarkt mit überdurchschnittlicher Arbeitslosenquote bei geringerem Qualifizierungsgrad oder eine vergleichsweise schlechtere Infra- sowie Versorgungsstruktur. Jede einzelne dieser Herausforderung ist für Regionen schon schwer zu bewältigen. Kumuliert sind das gleichsam existenzbedrohende Problemlagen.

Aufgrund ihrer strategischen und komplexen Vorgehensweise, vor allem aber wegen ihrer kontinuierlich systematischen Ausrichtung auf innovations- und regionalbezogene Aktivitäten, nehmen Netzwerke nun schon seit vielen Jahren wichtige Aufgaben wahr, die zur Erhöhung der regionalen Resilienz beitragen – ohne dass dies bislang explizit mit dem Resilienz-Ansatz verbunden wurde. Als wichtige Bedingungen für Resilienz gelten Humankapital und Innovationsfähigkeit (Hartmann et al. 2018;

Ragnitz 2021). Demnach sind Regionen resilienter, die eine stark wissensbasierte Beschäftigungsstruktur aufweisen und somit eine hohe technologische Innovationsfähigkeit entwickeln (Ragnitz 2021). Dies bestätigen auch regelmäßige Evaluationen und Wirksamkeitsstudien des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand, insbesondere der ZIM-Netzwerkförderung (KMU Forschung Austria et al. 2019; RKW Kompetenzzentrum 2022).

Resilienz bedeutet Mitgestalten auf breiter Basis und ein Aufgreifen sowie Bewältigen der für die Region elementaren Herausforderungen. Das erfordert ein hohes Maß an Agilität und Flexibilität, das Aufweichen von disziplinären, sektoralen, aber auch administrativen Versäulungen und eine Fokussierung auf die spezifischen Anforderungen in der jeweiligen Region. Dazu sind Vertrauen, eine „gemeinsame Sprache" und ein hohes Maß an aufeinander abgestimmtem Miteinander wichtig. Netzwerke bringen genau diese Voraussetzungen mit und können Beiträge sowohl bei der Steigerung der Zukunftsfähigkeit leisten als auch substanziell bei der Bewältigung von Krisen unterstützen.

Literatur

Bertelsmann Stiftung (2017): Ökonomische Resilienz Schlüsselbegriff für ein neues wirtschaftspolitisches Leitbild? Inklusives Wachstum für Deutschland | 11, Gütersloh.

Bertelsmann Stiftung (2021): Innovation for Transformation. Wie die Verbindung von Innovationsförderung und gesellschaftlicher Problemlösung gelingen kann. Austausch und Vernetzung in missionsorientierten Innovationsprozessen. Gütersloh.

Brinkmann, Henrik; Heinemann, Friedrich; Harendt, Christoph; Nover, Justus (2017): Ökonomische Resilienz – Schlüsselbegriff für ein neues wirtschaftspolitisches Leitbild? In: Wirtschaftsdienst. Zeitschrift für Wirtschaftspolitik, 97. Jahrgang, 2017, Heft 9, S. 644–650.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2018): Stresstest Stadt – wie resilient sind unsere Städte? Unsicherheiten der Stadtentwicklung identifizieren, analysieren und bewerten. Ein Projekt des Forschungsprogramms „Experimenteller Wohnungs- und Städtebau" im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Bau und Reaktorsicherheit.

Bundesministerium des Innern und für Heimat (2022a): Deutsche Strategie zur Stärkung der Resilienz gegenüber Katastrophen. Umsetzung des Sendai Rahmenwerks für Katastrophenvorsorge (2015–2030) – Der Beitrag Deutschlands 2022–2030.

Bundesministerium des Innern und für Heimat (2022b): Schutz kritischer Infrastrukturen. Online unter: https://www.bmi.bund.de/DE/themen/bevoelkerungsschutz/schutz-kritischer-infrastrukturen/schutz-kritischer-infrastrukturen-artikel.html, zuletzt geprüft am 20.05.2022.

Bundesministerium des Innern und für Heimat (2021): Memorandum „Urbane Resilienz". Wege zur robusten, adaptiven und zukunftsfähigen Stadt. Online unter: https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/bauen/wohnen/urbane-resilienz.pdf;jsessionid=07A2C21F55C35171F69785CAE04E2735.1_cid287?__blob=publicationFile&v=5, zuletzt geprüft am 21.05.2022.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020): Regional vernetzt – Erfolgreich durch die Krise. Innovationscluster erweisen sich als kompetente Problemlöser für kleine und mittlere Unternehmen. In: Schlaglichter der Wirtschaftspolitik. Ausgabe: August 2020.

Greiving, Stefan (2018): Resilienz/Robustheit. In: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung. Hannover, S. 2063–2072.

Handler, Renate (2017): Am Weg zur regionalen Resilienz. Perspektiven aus der Planung und Regionalpolitik in Österreich. Online unter: https://www.convelop.at/wp-content/uploads/2017/04/2017_Handler_Resiliente_Regionen.pdf, zuletzt geprüft am 22.05.2022.

Hartmann, Ernst Andreas; von Engelhardt, Sebastian; Birner, Nadine, Shajek, Alexandra (2018): Intelligenztest für Regionen. iit-Innovationsfähigkeitsindikator. Institut für Innovation und Technik (iit) in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH.

Jakubowski, Peter (2013): Resilienz - eine zusätzliche Denkfigur für eine gute Stadtentwicklung. In: Informationen zur Raumentwicklung. Heft 4, 2013. Online unter: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/izr/2013/4/Inhalt/DL_Jakubowski.pdf?_blob=publicationFile&v=2, zuletzt geprüft am 23.05.2022.

Kilper, Heiderose; Janotta, Martin; Kunert, Steffen; Priebs, Axel; Troeger-Weiß, Gabi (2017): Beirat für Raumentwicklung beim Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Empfehlung des Beirates für Raumentwicklung. Resilienz als Strategie in Raumentwicklung und Raumordnung.

KMU Forschung Austria; Institut für Höhere Studien Vienna; RKW Kompetenzzentrum (2019): Evaluation des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM). Richtlinie 2015, Endbericht (Juni 2019). Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Online unter: https://www.zim.de/ZIM/Redaktion/DE/Downloads/Studien/evaluation-zim-2019-07.pdf, zuletzt geprüft am 25.07.2022.

Lukesch, Robert; Payer, Harald; Winkler-Rieder, Waltraud (2010): Wie gehen Regionen mit Krisen um? Eine explorative Studie über die Resilienz von Regionen. ÖAR Regionalberatung GmbH im Auftrag des Bundeskanzleramtes, Sektion IV, Abteilung 4 Regionalplanung und Regionalpolitik, WienPotsdam-Institut für Klimafolgenforschung: Klimaresilienz. Klimafolgen und Anpassung. Online unter: https://www.pik-potsdam.de/de/institut/abteilungen/klimaresilienz/rd2-klimaresilienz, zuletzt geprüft am 23.05.2022.

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (2022): Klimaresilienz. Klimafolgen und Anpassung. Online unter: https://www.pil-potsdam.de/de/institut/abteilung/klimaresilienz, zuletzt geprüft am 22.05.2022.

Ragnitz, Joachim; Frötsch, Mona; Frei, Xenia; Kremer, Anna (2021): Analyse regionaler Resilienz- und Risikofaktoren in Deutschland. Endbericht für die Kreditanstalt für Wiederaufbau. ifo Institut – Leibnitz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München e. V., Niederlassung Dresden.

regiosuisse.ch (2022a): Die Plattform für Regionalentwicklung in der Schweiz: Was bedeutet Resilienz in der Regionalentwicklung? Online unter: https://regiosuisse.ch/was-bedeutet-resilienz-der-regionalentwicklung, zuletzt geprüft am 21.05.2022.

regiosuisse.ch (2022b): Die Plattform für Regionalentwicklung in der Schweiz: Was kann die Region tun? Online unter: https://regiosuisse.ch/was-kann-die-region-tun, zuletzt geprüft am 22.05.2022.

Reivich, Karen; Shatté, Andrew (2003): „The Resilience Factor: 7 Keys to Finding Your Inner Strength and Overcoming Life's Hurdles".

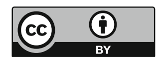
RKW Kompetenzzentrum (2022): Wirksamkeit der geförderten FuE-Projekte und Kooperationsnetzwerke des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM). Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz. Online unter: https://www.zim.de/ZIM/Redaktion/DE/Publikationen/Studien-Evaluationen/expertise-zim-05-2022.pdf, zuletzt geprüft am 27.06.2022.

United Nations (2016): Report of the open-ended intergovernmental expert working group on indicators and terminology relating to disaster risk reduction. General Assembly A/71/644. Online unter: https://www.preventionweb.net/files/50683_oiewgreportenglish.pdf, zuletzt geprüft am 25.07.2022.

Waltersbacher, Andrea; Klein, Julia; Schröder, Helmut (2021): Die soziale Resilienz von Unternehmen und die Gesundheit der Beschäftigten. In: Badura, Bernhard; Ducki, Antje; Schröder, Helmut; Meyer, Markus (Hrsg.): Fehlzeiten-Report 2021. Betriebliche Prävention stärken – Lehren aus der Pandemie, S. 67-104.

World Meteorological Organization (2021): Global Annual to Decadal Climate Update. Target years: 2022 and 2022-2026. Online unter: https://hadleyserver.metoffice.gov.uk/wmolc/WMO_GADCU_2022-2026.pdf, zuletzt geprüft am 25.07.2022.

zukunftsInstitut (o. J.): Die Megatrends. Online unter: https://www.zukunftsinstitut.de/dossier/megatrends/, zuletzt geprüft am 24.02.2022.



8 Lieferkettenresilienz: Krisenfest oder effizient?

Anne Schmidt, Stefan Wolf, Jochen Kerbusch

Globale Lieferketten sind sensibel und vulnerabel. Jederzeit. Das haben die Erfahrungen während der COVID-19-Pandemie 2020 noch einmal deutlich vor Augen geführt. Rein auf Effizienz ausgerichtete Lieferketten bieten weder Sicherheit noch die notwendige Flexibilität, um zeitnah und angemessen auf Störungen reagieren zu können. Auch hat sich gezeigt, dass branchenübergreifende Gesamtlösungen aufgrund unterschiedlicher Lieferkettenstrukturen keine Option sind. Wie aber lassen sich Lieferketten resilient gestalten? Mit einem Wort: Weitsicht ist das A und O.

Auch wenn die Literatur keine einheitliche Definition für den Begriff Lieferkette (Englisch „Supply Chain“) hergibt, kann sie allgemein als eine Kettenstruktur miteinander verknüpfter Partner verstanden werden, die Material- und Informationsflüsse realisieren. Je mehr Partner an dieser Lieferkette beteiligt sind und je höher der Grad an zeitlichen und funktionalen Abhängigkeiten zwischen den Partnern ist, desto komplexer ist eine Lieferkette (Körber AG 2020; Aschenbrücker 2016). Getrieben durch immer weiterführende Effizienzsteigerungen hat sich der Grad der Komplexität von Lieferketten stetig erhöht. Viele Lieferkettenpartner sind mittlerweile mit den Herausforderungen in ihrer Lieferkette überfordert (Körber AG 2020). Die Globalisierung, der stetige Abbau von Sicherheitsbeständen, veränderte Kundenerwartungen sowie das Outsourcing und die sich daraus ergebenden Abhängigkeiten zum Vorlieferanten führen zu Unsicherheiten und machen die Lieferketten immer anfälliger für Störungen (bvl.de 2014; boeckler.de 2020). Der Ruf nach mehr Lieferkettenresilienz wird immer lauter.

Der Begriff „Lieferkettenresilienz“

Eine einheitliche Definition, was Lieferkettenresilienz bedeutet und wann eine Lieferkette tatsächlich resilient ist, existiert für das relativ neue Forschungsfeld noch nicht. Fasst man die verschiedenen Blickwinkel aus der Fachliteratur zusammen, kann eine Lieferkette dann als resilient angesehen werden, wenn sie …

(1) die Fähigkeit der Vorbereitung auf Störungen besitzt,

(2) sich Disruption widersetzen kann (Widerstandsfähigkeit) und

(3) nach einer Störung die Ausgangslage oder ein sogar besseres Niveau erreichen kann (Wiederherstellungsfähigkeit) (Schmidt 2021).



V. Wittphal, *Resilienz*, https://doi.org/10.1007/978-3-662-66057-7_8

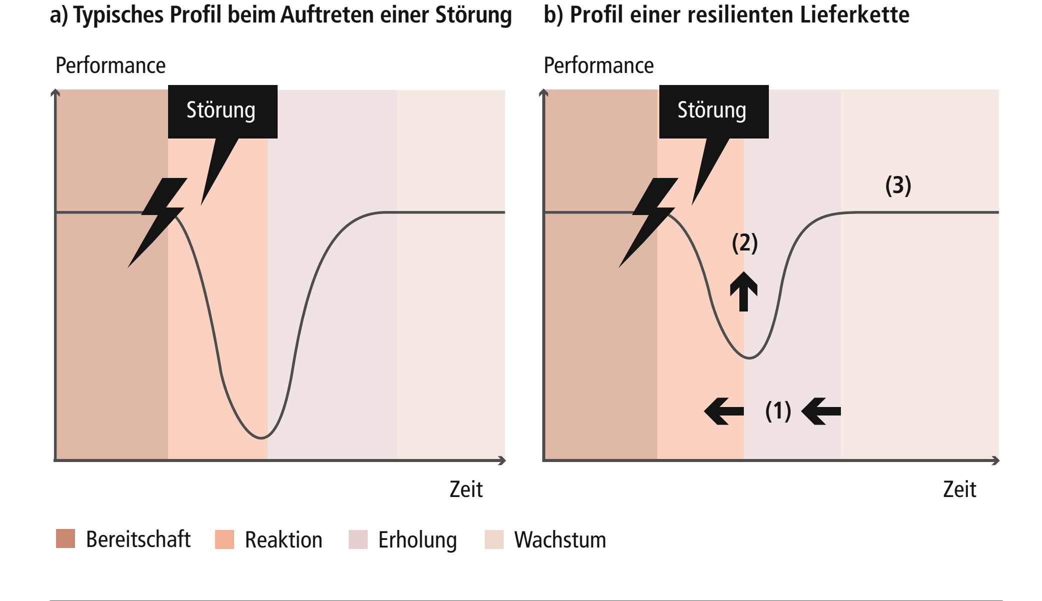


*Abb. 8.1 Vergleich einer typischen (**a**) zu einer resilienten (**b**) Lieferkette. (Quelle: in Anlehnung an Gluttig und Tengler 2020: 11)*

Die Unterschiede zwischen einer zurzeit typischen und einer resilienten Lieferkette werden in Abb. 8.1 grafisch dargestellt (mit Bezug zu den Punkten (1) – (3)). Im Vergleich weist eine resiliente Lieferkette (Abb. 8.1b) eine verkürzte Reaktions- und Erholungsphase (1), einen geringeren Einbruch der Performance durch eine Störung (2) und die Fähigkeit auf, mindestens den Ursprungszustand wieder zu erreichen (3).

Erfolgsfaktoren zur Gestaltung resilienter Lieferketten

Bereits seit Jahren ist die Identifizierung von Eigenschaften und Elementen, die die Widerstands- und Wiederherstellungsfähigkeit von Lieferketten erhöhen – sogenannte Erfolgsfaktoren – ein intensiv behandeltes Thema in der Forschung. Gleichwohl ist ein Patentrezept der Literatur bisher nicht zu entnehmen (Binder 2021; Schmidt 2021). Die Gründe dafür sind vielfältig: Neben einer Vielzahl an Risiken für die Lieferkette wie zum Beispiel Naturkatastrophen, Cyberangriffe, Finanzrisiken, Lieferverzögerungen etc. mit unterschiedlichen Auswirkungen ist jede Lieferkette durch sehr spezifische Faktoren und Strukturen geprägt. Seien es Unterschiede in der Anzahl der Lieferkettenpartner, die Produktstruktur oder Regularien. Keine Lieferkette ist wie die andere. Eine branchenübergreifende Lösung kann dem weder gerecht werden noch wäre dies sinnvoll. Die Analysen von Binder (2021) und Schmidt (2021) zeigen die

unterschiedlichen Ansätze und die Bandbreite der Erfolgsfaktoren der Lieferkettenresilienz auf. Dabei werden einige Faktoren häufiger genannt als andere: Flexibilität, Redundanz, Transparenz/Sichtbarkeit und Agilität. Jedoch lässt sich keine allgemeine Gültigkeit ableiten, da darüber hinaus eine Vielzahl weiterer Faktoren von Einfluss sind. Auch die Forschungsperspektive, also der Betrachtungsgegenstand und die zugrundeliegenden Konzepte, sowie die fehlende einheitliche Begriffsdefinition der Lieferkettenresilienz nehmen Einfluss auf die Wahl der Erfolgsfaktoren.

In Abb. 8.2 sind die in verschiedenen Studien identifizierten Erfolgsfaktoren in einer Übersicht zusammengeführt. Zentral sind die zwei Gestaltungsansätze Agilität und Robustheit, denen sich weitere spezifische Faktoren hierarchisch zuordnen lassen. Dabei werden gegenseitige Wechselwirkungen bewusst ausgeblendet, z. B. zwischen Dezentralität und Lokalisierung.

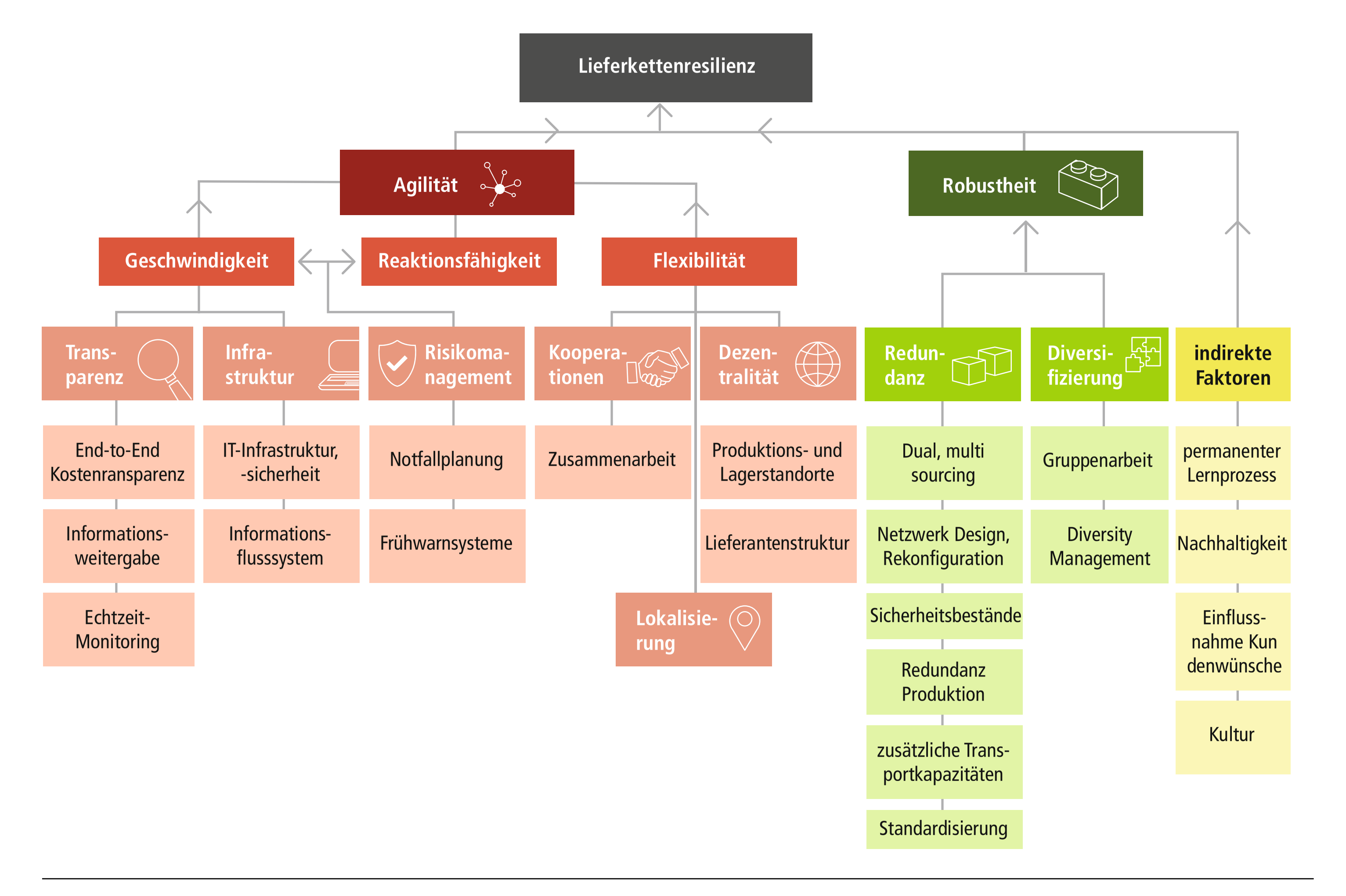
Die Darstellung macht das breite Spektrum der Faktoren deutlich – und implizit die mit dieser Diversität verbundenen vielfältigen Risiken. Selbst innerhalb einer gegebenen Lieferkette können sich die Prioritäten je nach Art der Störung verschieben. Die Übersicht kann daher keine Allgemeingültigkeit beanspruchen. Jeder Erfolgsfaktor muss beim Aufbau einer resilienten Lieferkette krisenspezifisch bewertet und branchenspezifisch unter Beachtung der gegenseitigen Wechselwirkungen umgesetzt werden. Letztere können sogar dazu führen, dass sich Erfolgsfaktoren gegenseitig ausschließen. Wie sich die Faktoren gegenseitig genau beeinflussen, ist wissenschaftlich noch nicht abschließend geklärt.

Unterschiede in den Lieferkettenstrukturen und der Resilienz im Branchenvergleich

Wie unterschiedlich sich die in Abb. 8.2 aufgeführten Erfolgsfaktoren in verschiedenen Branchen auswirken, lässt sich anhand einer Analyse der drei Schlüsselbranchen Pharmaindustrie, Automobilindustrie und Elektronikindustrie verdeutlichen: In Abb. 8.3 werden die wesentlichen Merkmale und Strategien sowie die wichtigsten Erfolgsfaktoren verglichen.

Die Pharmaindustrie

Die Pharmaindustrie ist mit einem Umsatz von über 53 Milliarden Euro und rund 117.000 Mitarbeitenden (Statistisches Bundesamt 2022) ein essenzieller Bestandteil der Gesundheitsversorgung und übernimmt mit der Bereitstellung von Arzneimitteln einen gesundheitspolitischen Auftrag in Deutschland. Mit Ausbruch der COVID-19-Pandemie Anfang 2020 wurde der Stellenwert der Pharmaindustrie auch in einer größeren Öffentlichkeit erkannt. Umso wichtiger ist es, hier resiliente Lieferketten zu schaffen und für künftige Krisen gewappnet zu sein. Folgende Strukturen und Faktoren haben besonderen Einfluss auf die Lieferkettenresilienz in der Pharmalieferkette:



▲ *Abb. 8.2 Erfolgsfaktoren der Lieferkettenresilienz. (Quelle: in Anlehnung an Schmidt 2021: 20, eigene Darstellung)*

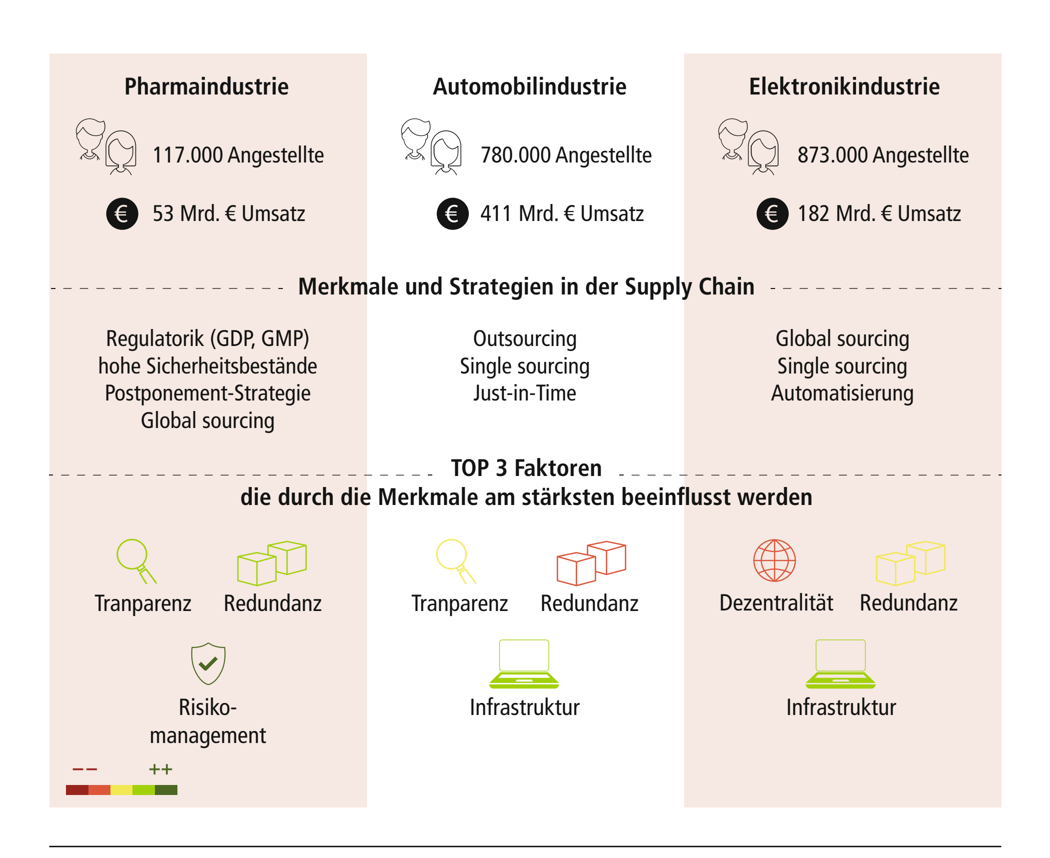


Abb. 8.3 Unterschiede in den Lieferkettenstrukturen und der Resilienz. (Quelle: Institut für Innovation und Technik (iit), eigene Darstellung)

- ***Gute Vertriebspraxis (GDP) und Gute Herstellungspraxis (GMP):*** Der Identifikation, Beurteilung, Steuerung und Überwachung von Risiken kommt im pharmazeutischen Umfeld eine kritische Bedeutung zu. Qualitätsstandards und Richtlinien wie GDP und GMP stellen die Qualität und die Reinheit von Pharmaprodukten sicher (vfa 2017). Die GDP fordert von den Unternehmen die Gewährleistung und Überwachung der Unversehrtheit der pharmazeutischen Güter nach Verlassen des Herstellerbetriebes. Die GMP bezieht sich auf betriebsinterne Abläufe und formuliert Vorgaben zur Qualitätssicherung der Produktionsabläufe und -umgebungen (Europäische Kommission 2013; Europäische Kommission 2017). Beide Regularien stehen für umfangreiche Anforderungen an das betriebsinterne und -externe Risikomanagement. Darüber hinaus profitiert die Resilienz in der Pharmalieferkette von der durch die GDP geforderte Lieferkettentransparenz: Fälschungssicherheit, Rückverfolgbarkeit, Transparenz und (Temperatur-)Monitoring (Schmidt 2021).

- ***Sicherheitsbestände:*** Die Pharmalieferkette baut beim Ausgleich von Lieferverzögerungen auf Sicherheitsbestände. Über die gesamte Lieferkette werden Güter bevorratet, die einen Versorgungseinbruch bis zu 220 Tage ausgleichen können (Jung 2013; chemanager-online 2017b). Dies hat positive Effekte auf die Redundanzen in der Lieferkette (siehe Abb. 8.2) – die Suppy Chain Resilienz wird gestärkt.

- ***Postponement-Strategie:*** Die Postponement-Strategie, also die Verlagerung der Erstellung von kundenorientierten Differenzierungen auf möglichst späte Stufen der Wertschöpfungskette, prägt sich in der Pharmalieferkette als Verpackungs-Postponement aus – die Differenzierung erfolgt über die marktspezifische Verpackung (Aschenbrücker 2016; chemanager-online 2017a). Dadurch entstehen nicht nur Redundanzen in der Produktion, die maximale Flexibilität bieten, sondern auch eine erhöhte Geschwindigkeit hinsichtlich ihres Handelns im Störungsfall. Treten Nachfrageänderungen auf, können die Verpackungen flexibel und zeitnah angepasst und den Distributionskanälen zugeordnet werden.

- ***Global sourcing (globale Beschaffung):*** Insbesondere Indien und China sind für die Pharmaunternehmen in der EU das Hauptherkunftsland für Arzneimittelwirkstoffe (Francas 2020). Diese Art der Beschaffung ermöglicht eine globale Lieferantenstruktur und kann die Aufrechterhaltung der Produktion bei lokalen Krisen gewährleisten. Im Fall von globalen Beeinträchtigungen – wie z. B. während der COVID-19-Pandemie – stellt dies einen Nachteil dar. Hier wird besonders deutlich, dass Erfolgsfaktoren für Resilienz krisenspezifisch wirken.

Mit Blick auf die COVID-19-Pandemie konnte die Pharmaindustrie 2020 bis 2022 vergleichsweise resilient agieren. Ursache für die abweichende Betroffenheit war insbesondere die Ausprägung von Strukturen mit einer erhöhten Transparenz und Flexibilität (Schmidt 2021). Die Transparenz wird in der Literatur bereits als Erfolgsfaktor der Lieferkettenresilienz diskutiert (siehe Abb. 8.2). Können Störereignisse und Unregemäßigkeiten schnell genug – im besten Fall in Echtzeit – detektiert und antizipiert werden, geht der disruptive Charakter verloren. Die Disruption wird zur Evolution.

Die Umsetzung digitaler Strategien wird in der Literatur als Angelpunkt diskutiert, die Transparenz zu steigern (Spieker 2019; Kille 2020; Deutsche Telekom AG 2020). Ein erhöhter Digitalisierungsgrad soll demnach die Transparenz im System verbessern, wodurch letztendlich die Lieferkettenresilienz erhöht wird. Die Digitalisierung könnte künftig zum erfolgskritischen Schlüsselfaktor für die Lieferkettenresilienz in der Pharmalieferkette werden.

Die Automobilindustrie

Die Automobilindustrie hat mit einem Umsatz von 411 Milliarden Euro und rund 780.000 direkt Beschäftigten (Statistisches Bundesamt 2022) eine große Bedeutung für den Wirtschaftsstandort Deutschland. Sie ist einerseits gekennzeichnet durch

komplexe Produkte und andererseits durch global verteilte Produktionsstandorte. In dieser stark ausdifferenzierten Wertschöpfungskette haben die vergleichsweise zahlreichen Zulieferunternehmen eine große und wachsende Bedeutung. Ihr Anteil an der gesamten Wertschöpfung der deutschen Automobilindustrie beträgt rund 70 Prozent (BMWK 2022a). Mit einer Exportquote von 76 Prozent (BMWK 2022a) ist die Automobilindustrie zudem in besonderer Weise von der globalen Konjunktur abhängig. Die Hauptexportmärkte sind China und die USA. Der starke Wettbewerb führt zu einem ständigen Kosten-, Zeit-, Innovations- und Qualitätsdruck (Binder 2021).

Drei Faktoren machen die Automobilindustrie in besonderer Weise anfällig für Störungen der Lieferkette (Schmidt 2021):

- ***Outsourcing (Auslagerung):*** Die Automobilhersteller konzentrieren sich auf ihre Kompetenzen in der Produktion des Antriebsstrangs sowie in der Integration der zahlreichen Komponenten zu einem Fahrzeug. Die Entwicklung und Produktion vieler Komponenten vergeben sie an Zulieferer. Das wirkt kostensenkend, vermindert aber die Transparenz der Lieferkette. Informationsbarrieren zwischen den Unternehmen erschweren die Identifikation kritischer Komponenten und Engpässe werden zu spät erkannt.
- ***Single Sourcing (Einzelquellenbeschaffung):*** Die Fokussierung auf einen Zulieferer je Komponente vereinfacht die Kommunikation und die Qualitätssicherung. Bei komplexen und technologisch anspruchsvollen Zulieferteilen ist die Auswahl möglicher Zulieferer ohnehin begrenzt. Zugleich verleiht diese Strategie dem Zulieferer mehr Macht bei Preisverhandlungen. Auch die Flexibilität in der Beschaffung leidet, da im Problemfall alternative Zulieferer zunächst zeitaufwändig qualifiziert werden müssten.
- ***Just-in-Time Produktion (bedarfssynchrone Produktion):*** Durch die konsequente Vermeidung von Lagerbeständen werden Kosten gesenkt. Diese Strategie ist sehr zeitkritisch und stellt hohe Anforderungen an die Kommunikation und die Transparenz entlang der Lieferketten. Können Teile nicht rechtzeitig geliefert werden, stockt die Produktion. Aufgrund der fehlenden Lagerkapazitäten können Lieferprobleme nicht aufgefangen werden. Schnell entfalten sich Rückkopplungseffekte, die auch die noch funktionierenden Teile der Lieferkette ins Stocken bringen.

Ferner befindet sich die Branche in einem tiefgreifenden Transformationsprozess hin zu elektrischen Antriebssträngen und zur Digitalisierung der gesamten Wertschöpfungskette. Diese doppelte Transformation erfordert die Schaffung von Transparenz in den Lieferketten, die Digitalisierung von Produktionsstandorten und Produkten, die Fokussierung auf die digitale Nutzerschnittstelle, die Digitalisierung des Vertriebs bis hin zur Umstellung der Anschlussmarkt-Geschäftsmodelle. Die hierdurch induzierte radikale Neustrukturierung der Lieferketten birgt die Chance, von Beginn an Maßnahmen zur Resilienzsteigerung einzuweben.

Die Elektronikindustrie

Mit rund 873.000 Beschäftigten in Deutschland steht die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie nach dem Maschinenbau an zweiter Stelle noch vor der Automobilindustrie (BMWK 2022b). Der Jahresumsatz in Deutschland lag 2020 bei rund 182 Milliarden Euro. Gegenüber anderen Branchen zeichnet sie sich dadurch aus, dass sie sowohl den Endverbrauchermarkt bedient als auch ein wesentlicher Zulieferzweig für zahlreiche andere Branchen ist. Der Maschinen- und Anlagenbau, die Automobilindustrie oder auch die Medizintechnik sind fundamental abhängig von Elektronikprodukten, wie die zuletzt zu beobachtende weltweite Chipkrise noch einmal eindrücklich belegt.

Die Branche ist damit für den Wirtschaftsstandort Deutschland überlebenswichtig. Zugleich ist die Wertschöpfungskette in der Elektronik extrem komplex. Sowohl hinsichtlich der Rohstoffe und Produktionsmittel als auch der Produkte bestehen weltweite Verflechtungen und starke Abhängigkeiten.

Unter dem Gesichtspunkt Resilienz ist es erforderlich, in der Elektronikindustrie drei Ebenen der Wertschöpfung differenziert zu betrachten: Das Chipdesign als Lieferant von geistigem Eigentum, die Halbleiter- bzw. Bauelementefertigung sowie die Ebene der Baugruppen und Systeme. Denn alle drei haben hinsichtlich der Resilienz durch sehr unterschiedliche Abhängigkeiten ihre eigenen Spezifika. Das Chipdesign ist weitestgehend resilient, da sich die einzigen Abhängigkeiten auf Software und Entwicklungswerkzeuge der Chiphersteller beziehen. Die Halbleiterfertiger sind vergleichsweise resilient, da sie hauptsächlich von Lieferanten von Rohstoffen und Anlagen abhängig sind. Die Ebene der Baugruppen ist weitaus anfälliger für Störungen in den Lieferketten. Hier bestehen sehr starke Abhängigkeiten von den Lieferanten elektronischer und mechanischer Bauelemente. Zusammenfassend lassen sich folgende wichtigste Einflussfaktoren für die Resilienz der Lieferketten in der Elektronikindustrie benennen:

- ***Global Sourcing:*** Die wesentlichen Anbieter von Halbleiterbauelementen sind zwar weltweit verteilt (USA, Taiwan, Korea), jedoch teilweise in risikobehafteten Regionen konzentriert. Aufgrund von Naturkatastrophen oder politischen Instabilitäten kann es sehr leicht zu Lieferengpässen für die sich anschließenden Wertschöpfungsebenen kommen (Demling 2021). Demgegenüber steht ein hohes Maß an Kleinteiligkeit in der Mitte und am Ende der Wertschöpfungskette. Neben Elektronikriesen, die den Endanwendermarkt bedienen, ist die Branche durch zahllose kleine und mittlere Unternehmen geprägt, die in erster Linie als Zulieferer für andere Branchen tätig sind. Diese kleinen und mittleren Hersteller sind ebenfalls weltweit verteilt. Insgesamt ist daher die Aufrechterhaltung der Produktion in erheblichem Maße von funktionierendem Transport und Logistik abhängig.

- *Single Sourcing:* Anders als in den meisten anderen Branchen gibt es am Anfang der Wertschöpfungskette nur sehr wenige Anbieter.[1] Deren Fertigungskapazitäten sind seit mehreren Jahren vollständig ausgelastet, sodass Baugruppen- und Systemhersteller ihren Bedarf nicht vollständig decken können. Produktionslose werden teilweise Jahre im Voraus vergeben. Weiterhin werden Chipdesigns auf die jeweiligen Spezifika der Fertigungstechnologien hin entworfen und können nicht einfach auf andere Produktionsprozesse übertragen werden. Durch diese starken Abhängigkeiten ist es Anbietern von Baugruppen oder Systemen kaum möglich, Nachfrageschwankungen bei ihren Produkten weiterzureichen oder im Störfall auf Alternativanbieter umzustellen. Das Fehlen von Redundanzen steht im Widerspruch zum „Multi Sourcing" und beeinträchtigt die Resilienz.
- *Automatisierung und Digitalisierung:* Kaum eine Branche setzt so auf Automatisierung in der Produktion und die Umsetzung der Paradigmen von Industrie 4.0 wie die Elektronikbranche. Sehr viele Fertigungsstraßen arbeiten vollautomatisch und werden nur durch wenige Mitarbeitende betreut. Laut Branchenverband ZVEI liegt der Digitalisierungsgrad in der Elektronikbranche deutlich höher als in jeder anderen Branche des verarbeitenden Gewerbes (Frietsch et al. 2016). Nur so lassen sich ausreichende Effizienzen erzielen, um angesichts der extremen Investitionen für aktuelle Fertigungsstraßen[2] kostendeckend zu produzieren.

Lieferkettenresilienz (nachhaltig) stärken

Im Lieferkettenmanagement besteht ein direktes Konfliktverhältnis zwischen Resilienz, Effizienz und Nachhaltigkeit (McKinnon 2018). Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz wirken sich häufig negativ auf die Resilienz der Lieferkette aus. Effizienzmaßnahmen ziehen Nutzen aus der Liquidierung toten Kapitals. Häufig sind es Lagerbestände oder Sicherheitspuffer die reduziert oder gänzlich gestrichen werden. Dadurch wird das Betriebskapital reduziert, wodurch in der Regel eine Produktivitätssteigerung und damit einhergehend eine Steigerung der Umsatzrentabilität erreicht wird. Eine solche Effizienzsteigerung hat aber nur dann auch nachhaltigen Erfolg, wenn sie resilient gegenüber Störungen ist. Bricht die eigene Lieferkette bei einer Störung in sich zusammen, gewinnt der Wettbewerber, der sich am besten auf einen solchen Störfall vorbereitet hat. Übersteigt der Gewinn aus der besseren Resilienz den Wert der Effizienzmaßnahme, hat der Wettbewerber nachhaltiger gehandelt. Das richtige Maß zwischen Resilienz, Effizienz und Nachhaltigkeit zu finden, ist ein

[1] *Dies trifft auch auf den Bezug von Ausgangsmaterialien zu, wie beispielsweise Seltene Erden.*

[2] *Die Neuansiedelung von Intel in Magdeburg erfordert Investitionen in Höhe von rund 17 Milliarden Euro (Eckstein 2022).*

schwieriger Balanceakt. Mit geeigneten Maßnahmen in den folgenden vier Handlungsfeldern kann das gelingen.

Handlungsfeld 1: Digitalisierung und Transparenz

Das Management weitverzweigter Lieferketten ist hoch komplex. Selbst wenn die Warenflüsse bekannt sind, so sind die wechselseitigen Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Akteuren entlang der Lieferkette meist unbekannt. Störungen in der Lieferkette können unvorhergesehene Auswirkungen haben. Für eine resiliente Reaktion auf Störungen müssen diese schnell erkannt und deren Auswirkungen vorausschauend antizipiert werden. Dazu ist ein hohes Maß an Transparenz entlang der Lieferkette notwendig. Um nun eine hohe Transparenz zu erreichen, müssen Informationen zum gegenseitigen Vorteil mit Up- und Down-Stream Partnern entlang der Lieferkette und darüber hinaus ausgetauscht werden (Zhu et al. 2020). Das wiederum setzt ein hohes Maß an Vertrauen voraus. Zudem bedarf es einer Dateninfrastruktur, die es ermöglicht, Informationen konditioniert auszutauschen und den Datenzugriff im Falle eines Vertrauensmissbrauchs oder einer Beendigung der Geschäftsbeziehung wieder zu entziehen. Um das zu erreichen, müssen die bereitgestellten Daten mit einem Rechtemanagement im Zugriff des Datenanbieters versehen werden. Digitale Produkt Passports sind ein Mittel, um Informationen über die gesamte Lieferkette hinweg auszutauschen. Sie bilden sozusagen einen digitalen Zwilling einer Lieferkette und akkumulieren Informationen zu einem Produkt und seinen Komponenten. Damit wird die Lieferkette transparenter und Störungen können leichter abgefangen werden.

Handlungsfeld 2: Lieferketten diverser gestalten

Eine starke Dominanz einzelner Unternehmen, Staaten oder Regionen kann sich nachteilig auf die Resilienz der Lieferkette auswirken. Starke Dominanz ist häufig Ausdruck einer gesteigerten Effizienz aufgrund von exklusiver Technologie, außerordentlich günstigen Standortfaktoren, globaler Monopolisierung oder vergleichbaren Ursachen. Weder die Globalisierung noch die Lokalisierung sind hinreichend gute Maßnahmen zur Steigerung der Resilienz. Ein Risiko für globalisierte Lieferketten sind Unterbrechungen in Engpässen bedeutender Handelsströme. Beispiel dafür ist die Havarie des Containerschiffs Ever Given im Suez Kanal im März 2021 oder die Schließung bedeutender Häfen im Zuge der Bekämpfung der COVID-19-Pandemie. Aber nicht nur die Globalisierung, auch die Lokalisierung birgt Risiken. 2011 führte eine lokal begrenzte Flutkatastrophe in Thailand zu massiven Produktionsausfällen in der dort konzentrierten Festplattenindustrie. Je diverser die Lieferkette aufgestellt ist, desto unwahrscheinlicher ist es, dass eine Störung bei einem einzelnen Kettenglied oder in einer einzelnen Region die Lieferkette zum Erliegen bringt. Durch Multi Sourcing (Mehrquellenbeschaffung) lassen sich Lieferkettenrisiken absichern. Ein

erfolgreiches Modell ist die Glokalisierung[3]. Dabei werden Aufträge sowohl im globalen Wettbewerb als auch an lokale Lieferanten vergeben. So kann eine zu starke Dominanz einzelner Anbieter vermieden werden. Ferner besteht die Möglichkeit, Lehren aus einer vertrauensvollen Zusammenarbeit mit lokalen Lieferanten zu ziehen und entsprechende Handlungsmuster auf globale Lieferanten zu extrapolieren.

Handlungsfeld 3: Sicherheitsbestände versus Just-in-Time

Die Minimierung von Lagerkosten ist insbesondere in der Automobilindustrie ein verbreitetes Mittel zur Effizienzsteigerung. Allerdings zeigt sich diese Strategie gegenüber Störungen besonders anfällig, da Lieferausfälle bereits bei einer einzigen Komponente die Produktion vollständig zum Erliegen bringen. Weiterhin werden kaum Lagerflächen für fertige Produkte vorgehalten. Das ist ebenfalls mit Risiken verbunden, denn auch Abnahmestopps durch Kunden sind denkbar. Sind diese Lager vollständig gefüllt, kann ebenfalls nicht weiter produziert werden. In der Pharmaindustrie bestehen regulatorische Anforderungen an Sicherheitsbestände, um Produkationsausfälle zu verhindern. Letztendlich muss in jeder Branche ein spezifisches Gleichgewicht zwischen Liefersicherheit und Lagerkosten gefunden werden. Dabei kann eine quantitative Risikoanalyse helfen, in der auch Wahrscheinlichkeiten für die Dauer einer Lieferstörung abgeschätzt werden. Davon ausgehend lässt sich ein relatives Optimum zwischen Sicherheitsbestand und Kosteneffizienz ermitteln.

Handlungsfeld 4: Supply Chain Risk Management (Lieferkettenrisikomanagement) und Supply Chain Security Management (Lieferkettensicherheitsmanagement)

Auch wenn es selbstverständlich erscheinen mag – ein durchgehendes auf die Lieferketten bezogenes Risikomanagement (Supply Chain Risk Management) ist nicht überall Standard. Hier gilt es, mit der üblichen Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) mögliche Risiken von Störungen der Lieferkette zu identifizieren und diese hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens und ihres Einflusses auf die Produktion zu bewerten. Aus dieser quantitativen Analyse können auch weitere Hinweise zur Steuerung bzw. Ausgestaltung der Lieferkette gewonnen werden. Dieses Werkzeug sollte jedoch nicht statisch angewandt, sondern als Bestandteil einer proaktiven und dynamischen Vorgehensmethode angesehen werden, um mit Risiken adäquat umzugehen und sie kontinuierlich neu zu bewerten.

Aus den Ergebnissen dieser Risikoüberwachung können organisatorische, prozedurale und technologische Maßnahmen und Lösungsansätze abgeleitet werden, um Häufig-

[3] *Der Begriff „Glokalisierung" ist ein aus den Worten „lokal" und „Globalisierung" gebildetes Kofferwort und Neologismus. Eingeführt wurde der Begriff durch den Soziologen Roland Robertson (Reutlinger 2020).*

keit und Auswirkungen von Störungen in Lieferketten zu reduzieren oder Angriffe auf Lieferketten abzuwehren (Supply Chain Security Management). Die übergeordneten systematischen Strukturen müssen dabei nicht einmal neu entwickelt werden. Letztendlich wäre es ein erster Schritt, den aus der ISO:9001 bekannten kontinuierlichen Verbesserungsprozess nicht nur im Kontext der Effizienzsteigerung und Kundenzufriedenheit zu sehen, sondern auch auf Supply Chain Security zu erweitern.

Muss die Politik handeln oder regelt der Markt die Resilienz?

Die gegenwärtige Häufung von Krisen hat dafür sensibilisiert, dass eine Verstärkung der Resilienz der Lieferketten ein wichtiger Baustein zur Sicherung des Wohlstands ist. Resilienz ist somit ein Thema, mit dem sich nicht nur die Unternehmen, sondern auch die Politik verstärkt auseinandersetzen muss. Gleichwohl kann der Staat nur in begrenztem Umfang in die unternehmerische Freiheit eingreifen, denn unternehmerisches Handeln muss sich letztlich an Märkten orientieren.

Es ist davon auszugehen, dass Unternehmen mit unzureichend resilienten Lieferketten über kurz oder lang wirtschaftliche Nachteile haben werden und folglich entweder vom Markt verschwinden – oder resilienter werden, ganz im Sinne einer darwinistischen Evolution. Diese Annahme hat jedoch zwei Randbedingungen:

1. Die zeitlichen Abstände zwischen Krisen sind im Vergleich zur Erholungszeit nach einer Störung kurz. Sind die Abstände jedoch deutlich größer, sind die langfristigen Einbußen gering und wirtschaftlicher Erfolg wird unabhängig von der Resilienz. In der global vernetzten Welt zunehmend komplexerer Lieferketten kann jedoch tendenziell von vergleichsweise kurzen Abfolgen ausgegangen werden, was dafür spricht, dass die Annahme zutrifft.
2. Die Vorstellung, es gebe keine Instanzen, die in die „natürliche“ marktgetriebene Entwicklung eingreifen, ist nicht zutreffend – und hebelt die Annahme aus. Mit dem Argument der Systemrelevanz erfahren nicht störungsfeste Unternehmen staatliche Unterstützung und damit künstliche evolutionäre Vorteile.

Grundsätzlich ist Unterstützung in Krisenzeiten eine wichtige Aufgabe des Staats. Gleichwohl ist es von größter Bedeutung, aus den vergangenen Krisen wie beispielsweise der COVID-19-Pandemie zu lernen und noch geeignetere Maßnahmen zu identifizieren und zu ergreifen, mit denen sich von Seiten der Politik die Auswirkungen künftiger Krisen weiter verringern lassen, die letztendlich mit den Erfolgsfaktoren für Resilienz von Lieferketten korrespondieren (vgl. Abb. 8.2):

- *Risikomanagement:* Ein erster Schritt könnte die Installation eines vorausschauenden Supply Chain Risk Managements sein: Nur wenn sich abzeichnende Krisen frühzeitig erkannt werden, kann effektiv gegengesteuert werden. Dazu ist eine fun-

dierte Datenbasis erforderlich – möglichst in „Echtzeit" bezogen auf die Zeitskalen der Abläufe. Das Konzept der „EU-Behörde für die Krisenvorsorge und -reaktion bei gesundheitlichen Notlagen (HERA)" könnte für das vorausschauende Supply Chain Risk Management als Ausgangsbasis dienen, denn es ist annzunehmen, dass Struktur und Ausmaß künftiger Krisen nur durch eine gesamteuropäische Kooperation zu bewältigen sind. Für Unternehmen schreibt das „Gesetz zur Kontrolle und Transparenz im Unternehmensbereich" (KonTraG) bereits seit 1998 die Einrichtung von Maßnahmen zur Früherkennung sogenannter „bestandsgefährdender Entwicklungen" vor, worunter auch das Lieferkettenmanagement zu subsumieren ist.

- ***Transparenz:*** Ganz analog zu den Unternehmen ist auch auf staatlicher Seite die Digitalisierung ein wesentlicher Erfolgsfaktor für mehr Resilienz. Sie ist die Basis für erfolgreiches Risikomanagement, und nur so kann der Staat den Unternehmen unterstützend zur Seite stehen, wenn es gilt, deren Prozesse und Geschäftsmodelle zu digitalisieren. Tatsächlich gibt es bereits eine Reihe von entsprechenden Fördermaßnahmen zur Verbesserung des Digitalisierungsgrades in Unternehmen. Darüber hinaus sollte der Staat vor allem auch das Bewusstsein für die Notwendigkeit der Digitalisierung weiter steigern.

- ***Dezentralität/Lokalisierung:*** Ein wesentlicher Erfolgsfaktor für resiliente Lieferketten ist eine ausgewogene Balance zwischen diesen beiden Polen. Politisch wichtig ist es, die passenden Rahmenbedingungen dafür zu schaffen, wieder eine stärkere Wertschöpfungstiefe in Deutschland bzw. Europa zu erreichen.

Auf dieser Grundlage eröffnen sich für staatliches Handeln im Krisenfall bessere Steuerungsmöglichkeiten. So können beispielsweise staatliche Beihilfen vom Nachweis abhängig gemacht werden, dass Mindeststandards für Supply Chain Risk Management in einem transparenten, konsequenten Regelwerk umgesetzt wurden. Natürlich kann nicht jede Störung vollumfänglich vorausgesehen werden. Jedoch sollten solche Unternehmen, die sich aktiv und strukturiert mit Resilienz auseinandersetzen, auch von dem damit verbundenen Aufwand im Krisenfall profitieren. Unternehmen, die aus Gründen der Effizienzsteigerung Risikobetrachtungen zur Resilienz nicht angestellt haben, sollte der Staat erst in zweiter Linie unterstützen.

Ein solches Vorgehen staatlicherseits könnte durch komplementäre Fördermaßnahmen begleitet werden:

- Besondere steuerliche Absetzbarkeit von Kosten im Zuge der Resilienzsteigerung, vergleichbar mit der steuerlichen Forschungsförderung.

- Projektförderung ganz analog zum Maßnahmenkatalog zur Verbesserung der Digitalisierung in Unternehmen.

Maßnahmen dieser Art könnten den Weg dafür ebnen, dass Resilienz zukünftig eine hohe Priorität bei der Formulierung von Unternehmenstrategien einnimmt.

Fazit

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Resilienz von Lieferketten auf einer Reihe von spezifischen, teilweise in Wechselwirkung stehenden Erfolgsfaktoren basiert und anhand dieser dynamisch bewertet werden muss. Dabei bestehen sehr große Unterschiede zwischen den Branchen sowohl hinsichtlich der primären Erfolgsfaktoren als auch der Qualität ihrer Auswirkungen. Was in der einen Branche zum Erfolg führt, kann eine andere Branche hemmen. Weiterhin wirken sich die Erfolgsfaktoren je nach Art und Umfang einer Störung sehr unterschiedlich aus. Dadurch ist es nicht möglich, generische Lösungsansätze zur Verbesserung der Resilienz zu erarbeiten.

Es ist eine der zentralen Aufgaben von Unternehmen, sich gegen Störfälle abzusichern, die ihre Existenz bedrohen. Es ist den Bürgerinnen und Bürgern kaum vermittelbar, dass der Staat in Krisenzeiten schützend seine Hand über Unternehmen hält, die sich durch proaktive Maßnahmen vergleichsweise einfach hätten wappnen können. Auf der anderen Seite ist die Thematik für viele, insbesondere kleine und mittlere Unternehmen zu komplex, um sie alleine zu bewältigen. Daher sollte der Staat eigene Maßnahmen treffen aber auch Unternehmen bei der Steigerung der Lieferkettenresilienz unterstützen.

Schließen sich Lieferkettenresilienz und ökonomische Effizenz nun gegenseitig aus? Die Antwort auf diese Frage hängt entscheidend davon ab, wie Effizienz definiert wird. Häufig wird sie im Sinne eines statischen Nutzen-Kosten-Verhältnis interpretiert. D. h. zu einem gegebenen Zeitpunkt außerhalb einer Krise wirken sich die Kosten für Resilienz effizienzmindernd aus. Betrachtet man Effizienz jedoch als ein dynamisches „die Dinge richtig tun“, ist ganz klar, dass Effizienz ohne Resilienz keinen Bestand hat. Denn sobald eine nicht resiliente Lieferkette durch Störungen zusammenbricht, konvergiert der Nutzen gegen Null und damit auch die Effizienz.

Literatur

Aschenbrücker, Andreas (2016): Supply-Chain-Risikomanagement von Arzneimittelherstellern. Der Einfluss des Supply-Chain-Management auf die spezifischen Risiken Arzneimittel-Lieferunfähgkeit und Arzneimittel-Rückruf. Dissertation. Universität Stuttgart, Stuttgart.

Binder, Eva (2021): Leitfaden zur Gestaltung zukünftiger Lieferketten in der deutschen Automobilindustrie - Herausforderungen und Maßnahmen in Bezug auf die beschaffungsseitigen Lieferketten. Masterarbeit. Montanuniversität Leoben, Leoben. Online verfügbar unter https://pure.unileoben.ac.at/portal/files/7819921/AC16361278.pdf, zuletzt geprüft am 25.03.2022.

boeckler.de (Hrsg.) (2020): "Komplexe Lieferketten nachhaltig umbauen". Interview. boeckler.de. Online verfügbar unter https://www.boeckler.de/de/boeckler-impuls-komplexe-lieferketten-nachhaltig-umbauen-22482.htm, zuletzt geprüft am 19.04.2022.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2022a): Automobilindustrie. Online verfügbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Branchenfokus/Industrie/branchenfokus-automobilindustrie.html, zuletzt geprüft am 19.04.2022.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2022b): Elektrotechnik- und Elektronikindustrie. Online verfügbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Branchenfokus/Industrie/branchenfokus-elektrotechnik-und-elektronikindustrie.html, zuletzt geprüft am 29.04.2022.

bvl.de (Hrsg.) (2014): Warum Lieferketten komplexer werden – und das kein Problem sein muss. bvl.de. Online verfügbar unter https://www.bvl.de/blog/warum-lieferketten-komplexer-werden-und-das-kein-problem-sein-muss/, zuletzt aktualisiert am 01.10.2014, zuletzt geprüft am 19.04.2022.

chemanager-online (Hrsg.) (2017b): Corona Pandemie erfordert Neuausrichtung der Pharma Supply Chain. chemanager-online. Online verfügbar unter https://www.chemanager-online.com/news/corona-pandemie-erfordert-neuausrichtung-der-pharma-supply-chain, zuletzt aktualisiert am 15.07.2020, zuletzt geprüft am 19.04.2022.

chemanager-online (Hrsg.) (2017a): Flexibilitätsstrategien in der Pharmadistribution. chemanager-online. Online verfügbar unter https://www.chemanager-online.com/themen/logistik/flexibilitaetsstrategien-der-pharmadistribution#:~:text=Postponement%2DFlexibilit%C3%A4t%3A%20Grundprinzip%20von%20Postponement,Arzneimittelverpackung%20deshalb%20nur%20generische%20Informationen, zuletzt aktualisiert am 20.03.2017, zuletzt geprüft am 19.04.2022.

Demling, Alexander (2021): Stromausfälle in Texas zwingen Infineon, ein Werk zu schließen. Handelsblatt. Handelsblatt. Online verfügbar unter https://www.handelsblatt.com/technik/it-internet/halbleiterhersteller-kaelte-katastrophe-in-texas-stromausfaelle-zwingen-infineon-zu-produktionsstopp/26927228.html, zuletzt geprüft am 29.04.2022.

Deutsche Telekom AG (Hrsg.) (2020): Der digitale Status quo im deutschen Transport- und Logistikgewerbe. Digitalisierungsindex Mittelstand 2020/2021. Online verfügbar unter https://www.telekom.com/resource/blob/614588/d28522848875f773a296073f1990cb36/dl-201202-branchenbericht-digitaler-status-im-dt-transport-und-logistikgewerbe-data.pdf, zuletzt geprüft am 22.04.2022.

Eckstein, Michael (2022): Das plant Intel in Europa. Online verfügbar unter https://www.elektronikpraxis.vogel.de/das-plant-intel-in-europa-a-1103865/, zuletzt aktualisiert am 18.03.2022, zuletzt geprüft am 29.04.2022.

Europäische Kommission (2013): Leitlinien vom 7. März 2013 für die gute Vertriebspraxis von Humanarzneimitteln. GDP, vom 07.03.2013.

Europäische Kommission (2017): Richtlinie (EU) 2017/1572 der Kommission vom 15. September 2017 zur Ergänzung der Richtlinie 2001/83/EG des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der Grundsätze und Leitlinien der Guten Herstellungspraxis für Humanarzneimittel. GMP, vom 15.09.2017.

Francas, David (2020): Pharmazeutische Lieferketten und globale Wirkstoffproduktion: Übersicht und Analyse der möglichen Auswirkungen des Coronavirus (Covid-19) auf die

Arzneimittelversorgung. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/339698328_Pharmazeutische_Lieferketten_und_globale_Wirkstoffproduktion_Ubersicht_und_Analyse_der_moglichen_Auswirkungen_des_Coronavirus_Covid-19_auf_die_Arzneimittelversorgung_Rev_1, zuletzt geprüft am 26.04.2022.

Frietsch, Rainer; Beckert, Bernd; Daimer, Stephanie; Lerch, Christian; Meyer, Niclas; Neuhäusler, Peter et al. (2016): Die Elektroindustrie als Leitbranche der Digitalisierung. Innovationschancen nutzen, Innovationshemmnisse abbauen. Studie. Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V (ZVEI); Fraunhofer ISI; IW Consult. Online verfügbar unter https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2016/November/Die_Elektroindustrie_als_Leitbranche_der_Digitalisierung_-_Innovationsstudie/ZVEI-Innovationsstudie-2016.pdf, zuletzt geprüft am 29.04.2022.

Gluttig, G.; Tengler, A. (2020): Supply Chain Resilienz und Risk Control. Online verfügbar unter https://www.wk-events.at/files/2/Export-Center/OOE-Exporttag/2020/Exportforen/Praesentation_TenglerGluttig.pdf, zuletzt aktualisiert am 17.11.2020, zuletzt geprüft am 19.04.2022.

Jung, Tobias (2013): Menschen, Prozesse, Material – die Produktion. In: Dagmar Fischer und Jörg Breitenbach (Hrsg.): Die Pharmaindustrie. Einblick - Durchblick - Perspektiven. 4. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 159–187.

Kille, Christian (2020): Digital Supply Chain Management. In: Lars Fend und Jürgen Hofmann (Hg.): Digitalisierung in Industrie-, Handels- und Dienstleistungsunternehmen. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 121–133.

Körber AG (Hrsg.) (2020): Five insights: what supply chain complexity looks like in 2020. 91% can't stay ahead of their supply chain complexities. Online verfügbar unter https://www.koerber-supplychain.com/fileadmin/koerbersupplychain/Homepage/Downloads_NEU/Gated_NEU/WP_Five-insights-what-supply-chain-complexity-looks-like-in-2020_EN.pdf, zuletzt geprüft am 08.04.2022.

McKinnon, A. (2018): Balancing Efficiency and Resilience in Multimodal Supply Chains. Summary and Conclusions. OECD Publishing. Paris (International Transport Forum Discussion Papers). Online verfügbar unter https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/efficiency-resilience-multimodal-supply-chains_0.pdf, zuletzt geprüft am 02.05.2022.

Reutlinger, Christian (2020): Glokalisierung. Online verfügbar unter https://www.socialnet.de/lexikon/Glokalisierung, zuletzt aktualisiert am 03.09.2020, zuletzt geprüft am 23.05.2022.

Schmidt, Anne (2021): Analyse zum Einfluss von Schlüsselerfolgsfaktoren auf die organisationale Resilienz von Supply Chains während der COVID-19-Pandemie am Beispiel der Pharma- und Automobilindustrie. Bachelorarbeit. Technische Hochschule Wildau, Wildau. Online verfügbar unter https://opus4.kobv.de/opus4-th-wildau/frontdoor/deliver/index/docId/1597/file/Schmidt_2021_Resilienz_Corona_Pharma_Automobil.pdf, zuletzt geprüft am 04.04.2022.

Spieker, Thomas (2019): Supply-Chain-Transparenz wird zu einem Muss. Deutsche Verkehrs-Zeitung (DVZ). Online verfügbar unter https://www.dvz.de/rubriken/meinung/detail/

news/supply-chain-transparenz-wird-zu-einem-muss.html#:~:text=Um%20das%20Potenzial%20der%20Supply,alle%20Beteiligten%20miteinander%20vernetzt%20werden., zuletzt aktualisiert am 22.03.2019, zuletzt geprüft am 22.04.2022.

Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2022): 42111-0003: Beschäftigte und Umsatz der Betriebe im Verarbeitenden Gewerbe: Deutschland, Jahre, Wirtschaftszweige (WZ2008 2-/3-/4-Steller). Online verfügbar unter https://www-genesis.destatis.de/genesis/online, zuletzt aktualisiert am 26.04.2022, zuletzt geprüft am 26.04.2022.

Verband Forschender Arzneimittelhersteller e. V. (vfa) (2017): Pharma-Unternehmen tragen zu einer geschützten Lieferkette für Medikamente bei. Online verfügbar unter https://www.vfa.de/de/patienten/arzneimittelsicherheit/pharma-unternehmen-tragen-zu-einer-geschuetzten-lieferkette-fuer-medikamente-bei.html, zuletzt aktualisiert am 05.05.2017, zuletzt geprüft am 19.04.2022.

Zhu, Guiyang; Chou, Mabel C.; Tsai, Christina W. (2020): Lessons Learned from the COVID-19 Pandemic Exposing the Shortcomings of Current Supply Chain Operations: A Long-Term Prescriptive Offering. In: *Sustainability* 12 (14), S. 5858. https://doi.org/10.3390/su12145858.



9 Resiliente und agile Mobilitätssysteme der Zukunft

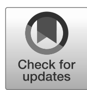
Benjamin Wilsch, Martin Martens

Mobilität ist Grundvoraussetzung für die Teilhabe am gesellschaftlichen Leben. Was es bedeutet, wenn persönliche Bewegungsfreiheit eingeschränkt oder Mobilität gar unmöglich ist, zeigte sich überdeutlich während der COVID-19-Pandemie. Für die Aufrechterhaltung systemrelevanter Dienste ist somit ein robustes Verkehrssystem mit vielfältigen Mobilitätsangeboten vor allem in urbanen Räumen eine Grundvoraussetzung. Die an Nachhaltigkeit orientierte Mobilitätswende ist mit einer Abkehr vom motorisierten Individualverkehr verbunden und erfordert die Umsetzung neuer Konzepte und Lösungen – wie gestaltet sich der Weg in eine resiliente Mobilitätszukunft?

Mobilität ist ein menschliches Grundbedürfnis. In Deutschland waren 2017 etwa 88 Prozent der Bürgerinnen und Bürger an den Werktagen außer Haus unterwegs und haben dabei auf durchschnittlich knapp drei Wegen im Schnitt 39 Kilometer zurückgelegt (BMVI 2019). Deutschlandweit kommen so täglich 3,2 Milliarden Personenkilometer auf etwa 260 Millionen Wegen zusammen. Wesentliche Unterschiede bestehen dabei bei der Wahl der Verkehrsträger im städtischen und ländlichen Raum – der Anteil des öffentlichen Verkehrs in Metropolen ist mit 20 Prozent viermal so hoch wie in Kleinstädten und Dörfern (5 Prozent). Umgekehrt ist hier der Anteil des motorisierten Individualverkehrs mit 56 Prozent doppelt so hoch wie in den Metropolen (28 Prozent). Nachdem in den letzten Jahren das Niveau der Erwerbstätigkeit angestiegen ist, lässt sich gegenüber Erhebungen aus den Jahren 2002 und 2008 eine leichte Erhöhung des Anteils berufsbedingter Reisezwecke verzeichnen. 2017 machten diese etwa 27 Prozent aller Wege aus (16 Prozent entfielen auf Hin- und Rückwege zur Arbeitsstätte, 11 Prozent auf Reisetätigkeit während der Arbeitszeit). Darüber hinaus werden 7 Prozent der Wege zu Ausbildungszwecken, 16 Prozent für Einkäufe, 14 Prozent für sonstige Erledigungen, 28 Prozent für Freizeitaktivitäten und 8 Prozent zur Begleitung anderer zurückgelegt.

Von individueller Mobilität zu Mobilitätssystemen

Die Zahlen zum mobilen Verhalten beeindrucken. Zumal dann, wenn man sich vergegenwärtigt, dass die hinter unserem heutigen Mobilitätsverhalten stehende verkehrstechnische Entwicklung erst etwa 150 Jahre andauert. Die Entwicklung neuer Antriebsarten und Fortbewegungsmittel auf Grundlage der Industrialisierung und einer damit einhergehenden Urbanisierung hat beginnend im 19. und dann im



V. Wittphal, *Resilienz*, https://doi.org/10.1007/978-3-662-66057-7_9

20. Jahrhundert die Mobilität des Menschen tiefgreifend verändert. Die Möglichkeiten der individuellen Mobilität wurden vor allem durch den Ausbau des Schienennetzes und der Einführung des motorisierten Individualverkehrs signifikant erweitert. Ein Markstein ist der Beginn der Massenproduktion in der Automobilindustrie auf Grundlage der Fließbandfertigung, eingeführt von Henry Ford 1913. Seitdem wuchs der individuelle Motorisierungsgrad stetig an. 2020 kamen in Deutschland 580 Pkw auf 1.000 Einwohnerinnen und Einwohner. Zwanzig Jahre zuvor waren es noch 532 Pkw/1.000 Einwohnerinnen und Einwohner (Kraftfahrt-Bundesamt 2002). Damit weist Deutschland einen der höchsten Motorisierungsgrade der Mitgliedsländer der Europäischen Union (EU) auf (569 Pkw/1.000 Einwohnerinnen und Einwohner im Jahr 2019 in der gesamten EU) (ACEA 2021).

Bei dem Ausbau der Schienen- und Straßeninfrastrukturen wurde auch eine Koordination der einzelnen Fahrzeuge erforderlich. Insbesondere im Straßenverkehr erforderte das starke Wachstum der Verkehrsteilnehmer ab Mitte des 20. Jahrhunderts eine Weiterentwicklung der Verkehrssteuerung, um die Verkehrssicherheit und den Verkehrsfluss zu gewährleisten. Rückblickend bezogen sich Individualverkehre zunächst auf einzelne Verkehrsträgersysteme, die sich dann Ende des 20. und zu Beginn des 21. Jahrhunderts zu intermodalen Reiseketten verknüpften und ein Gesamtmobilitätssystem ausbildeten. Das so entstandene und sich auch gegenwärtig ständig weiterentwickelnde Mobilitätssystem weist neuralgische Punkte besonderer Beanspruchung in urbanen Zentren auf und gewinnt aufgrund immer neuer Mobilitätsangebote im Zuge der Digitalisierung weiterhin an Komplexität hinzu.

Aufschlussreich ist eine Bestandsaufnahme zur Nutzung der Mobilitätssysteme in Deutschland. So weist die zeitliche Aus- und somit Belastung über den Tagesverlauf hinweg deutliche Schwankungen auf. Während knapp ein Drittel der Arbeitswege morgens zwischen 5 und 8 Uhr zurückgelegt wird, ist die Nachfrage über alle Reisezwecke im Zeitraum von 16 bis 19 Uhr mit einem Anteil von etwa 25 Prozent am höchsten. Globalisierung und Urbanisierung haben die Anforderungen an Mobilitätssysteme über die letzten Jahrzehnte hinweg deutlich erhöht. So ist von 1991 bis 2019 die Fahrleistung aller Kraftfahrzeuge im Straßenverkehr um ca. 31,5 Prozent gestiegen (UBA 2022). Die Verkehrsleistung (Fahrleistung multipliziert mit der Zahl der beförderten Personen) hat im selben Zeitraum um 34 Prozent zugenommen. Der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) als Teil des Mobilitätssystems wird dabei besonders nachgefragt und beansprucht. Allein zwischen 2009 und 2019 ist die Anzahl der Fahrten je Einwohner und Einwohnerin im Schienenpersonennahverkehr um 19,2 Prozent und in den Straßen-, Stadt- und U-Bahnen um 11,9 Prozent gestiegen (VDV 2020). Inzwischen sind deutschlandweit viele Schienennetze an ihre Kapazitätsgrenze gestoßen; bei einem weiterhin wachsenden Umweltbewusstsein ist davon auszugehen, dass die Nachfrage nach ÖPNV-Verbindungen auch künftig weiter deutlich steigen wird.

Die volkswirtschaftlichen Effekte des öffentlichen Verkehrs in Deutschland wurden in einer Studie auf 67,4 Mrd. Euro geschätzt (VDV 2021). Und aus einer Abstimmung zwischen Bund und Ländern ging 2011 der Sektor „Transport & Verkehr" als einer der insgesamt neun Sektoren der einheitlichen Einteilung Kritischer Infrastrukturen (KRITIS)[1] hervor (BBK 2011; Randelhoff 2013). Der Sektor „Transport & Verkehr" umfasst sechs Branchen bzw. Verkehrsträger: Binnenschifffahrt, Logistik, Luftfahrt, Schienenverkehr, Seeschifffahrt, Straßenverkehr. Das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) baut für diesen Sektor ein Schutzsystem auf. Als natürliche und anthropogene Gefahren für KRITIS gelten gemäß BBK:

Natürliche Gefahren

- Stürme, Tornados
- Starkniederschläge, Hochwasser
- Dürren
- Erdbeben
- Epidemien, Pandemien

Anthropogene Gefahren

- Unfälle
- Systemversagen
- Sabotage, Schadprogramme
- Terrorismus
- Krieg

Die Gefahren unterscheiden sich dabei in ihrer Vorhersehbarkeit sowie darin, ob und in welchem Umfang physische bzw. digitale Infrastruktur betroffen ist. So weisen beispielsweise Wetter- und Klimaeffekte eine höhere (wenn auch in der Regel nur probabilistische) Vorhersehbarkeit auf als zum Beispiel Terrorismusattacken. Wie das Beispiel der Corona-Krise zeigt, hat der Ausbruch und die Verbreitung einer Pandemie keine direkten Auswirkungen auf die physische Infrastruktur, führt aber zu einer deutlichen Veränderung des Mobilitätsverhaltens der Menschen und somit zu einer Verschiebung der Anforderungen an das Mobilitätssystem.

[1] *Energie, Ernährung, Finanz- und Versicherungswesen, Gesundheit, Informationstechnik und Kommunikation, Medien und Kultur, Staat und Verwaltung, Transport und Verkehr, Wasser*

Resilienz als Voraussetzung für die Erhaltung der Individualmobilität

Entsprechend der besonderen Bedeutung der Mobilität sowohl hinsichtlich des Freiheitsverständnisses als auch des wirtschaftlichen Wohlstandes ergeben sich besondere Anforderungen an die Zuverlässigkeit und Agilität des Systems. Es muss verschiedenste Mobilitätsbedürfnisse bei erheblichen Schwankungen der Nachfrage im Tagesverlauf möglichst optimal bedienen können. Um dieses Ziel zu erreichen, bedarf es einerseits der Berücksichtigung langjähriger Trends und Entwicklungen – primär Wirtschaftswachstum, Urbanisierung und die drohenden Auswirkungen der Klimakatastrophe – bei der Planung des Ausbaus und der Modernisierung der physischen Infrastrukturen und andererseits Vorkehrungen für teilweise oder gar nicht bekannte Systemstörungen.

Beispiel für eine unbekannte Systemstörung ist der Ausbruch der COVID-19-Pandemie Anfang 2020 in Europa, welcher Anforderungen hinsichtlich des Aufrechterhaltens des Betriebs sowie erhebliche Schwankungen in der Angebotsnachfrage mit sich brachte. Die Resilienz eines Mobilitätssystems umfasst sowohl die Fähigkeit des Systems solche Ereignisse und Belastungen unter Aufrechterhaltung des Betriebes auffangen zu können als auch den Beitrag den das System zur Bewältigung und Linderung von Krisen leisten kann (Eltis 2021). Während aufgrund der erforderlichen Bauzeiten physische Infrastruktur in der Regel nur mit einer Mindestreaktionszeit von mehreren Jahren an Systemänderungen und -störungen angepasst werden kann – diese Starrheit bedeutet, dass sich die Resilienz überwiegend durch eine Überdimensionierung herstellen lässt – hat die Digitalisierung der Mobilitätssysteme weitreichende Möglichkeiten zur Überwachung und Steuerung in Echtzeit geschaffen. So ist mittlerweile die Erhebung von Verkehrsdaten, unter anderem durch die Weiterentwicklung von Sensortechnologie, in Echtzeit und in nahezu beliebiger Granularität möglich, so dass die Steuerung des Verkehrs bereits heute in vielen deutschen Metropolen ebenfalls in Echtzeit erfolgen kann. Auf diese Weise lässt sich das Mobilitätssystem kurzfristig an Verkehrsverlagerungen anpassen, die zum Beispiel auch durch Massenveranstaltungen verursacht werden.

Eine Übersicht verschiedener Modellierungsansätze für Verkehrssysteme bieten Mattsson und Jenelius (2015) und weisen darauf hin, dass ein topologischer Ansatz zwar auf ein solides mathematisches Fundament aufsetzen kann und auch mit wenigen Daten Analysen ermöglicht, gleichzeitig aber aufgrund der begrenzten Komplexität des abstrakten Netzwerkmodells die Realität nur oberflächlich abgebildet wird. Diese Einschränkungen können durch systematische Schwachstellenanalysen behoben werden, wenn eine ausreichende Datenmenge zur Verkehrsnachfrage und zum Verkehrsangebot vorhanden ist.

Bei Verkehrssystemen unterscheiden Jenelius und Mattsson aufbauend auf Bruneau et al. vier Eigenschaften, die Resilienz ausmachen (Jenelius und Mattsson 2020):

- Robustheit (Widerstandsfähigkeit gegenüber Systemstörungen ohne Betriebsausfall)
- Redundanz (alternative Routen)
- Resourcefulness (Störungsidentifikation, Mobilisierung, Kapazitäten)
- Schnelligkeit (der Systemwiederherstellung)

Die Resilienz (urbaner) Mobilitätssysteme ist eng verknüpft mit der Resilienz der Smart City. Unter dieser Bezeichnung werden seit den 2000er Jahren technologiebasierte Veränderungen und Innovationen in urbanen Räumen zusammengefasst. Bei der Betrachtung des Mobilitätssystems als Teil der effizienten und nachhaltigen, und somit smarten Stadt kommen weitere Aspekte zum Tragen, von denen, aufbauend auf den „City Resilience Index“ von ARUP und der Begriffsdefinition der Europäischen Plattform zur Planung nachhaltiger urbaner Mobilität (European Platform on Sustainable Urban Mobility Plans), vor allem die Inklusion und Integration weitere zentrale Elemente der Systemresilienz sind. Denn nur Mobilitätsangebote, die für alle Einwohner und Einwohnerinnen einer Stadt geplant und gestaltet werden und die möglichst nahtlos ineinandergreifen, können sowohl im Regel- als auch im Störungsfall den Anforderungen der modernen Gesellschaft gerecht werden.

Maßnahmen zur Stärkung des Mobilitätssystems

a) Systemkenntnis: Datenerhebung und -bereitstellung

Die Verkehrsmengen und deren Verteilung zu erfassen, ist der erste Schritt zur Verbesserung aller Komponenten der Systemresilienz. Mit dem seit den 1950er Jahren stetig steigenden Verkehrsaufkommen geht eine entsprechende Steigerung der Anforderungen an den Umfang und die Darstellungstiefe der dafür benötigten Daten einher. Moderne Techniken wie beispielsweise Infrarotkameras ermöglichen die präzise Erfassung der Verkehrsmengen und sogar eine Unterscheidung der verschiedenen Verkehrsteilnehmer. Solche Daten sind grundlegend sowohl für eine Analyse der Schwach- und Belastungsstellen des Systems als auch die Planung von Maßnahmen zur Systemstärkung.

Ein weiteres Ziel der Erhebung von Verkehrs- und Fahrgastmengen sollte die Unterscheidung von Nutzer:innengruppen sein. Nicht nur, um im Regelbetrieb eine bessere Angebotsgestaltung zu ermöglichen, sondern auch weil die verschiedenen Gruppen von Störungen oder Krisen unterschiedlich stark betroffen sind. Die Mobilität von Gruppen, die besonders gefährdet oder belastet sind – wie etwa aufgrund

von körperlichen oder kognitiven Beeinträchtigungen, Lage des Wohnorts (Anschluss und Distanzen), Arbeitszeiten und Nutzungsmustern oder Pflege-/Betreuungsverantwortung – muss als Teil einer inklusiven Verkehrsplanung mitgedacht (Eltis 2021) und auch bei der Auslegung physischer Infrastruktur berücksichtigt werden. Beispielsweise waren Krankenhauspersonal und Pflegekräfte besonders stark von den Auswirkungen der COVID-19-Pandemie betroffen.

Die Datengrundlage zum Mobilitätsverhalten im ÖPNV konnte unter anderem dadurch deutlich verbessert werden, indem eTicketing oder sogar Check-In/Check-Out-(bzw. Be-In/Be-Out-)Systeme eingeführt wurden. Da solche Systeme durchgehend genaue Auskünfte über alle mit einem entsprechenden eTicket oder einer entsprechenden Mobiltelefon-App zurückgelegten Strecken liefern, sind sie stichprobenartigen, manuellen Verkehrszählungen haushoch überlegen. Auch im Straßenverkehr hat es die Automatisierung ermöglicht, Verkehrsdaten kontinuierlich zu erfassen und folglich die Datengrundlage für Planungs- und Störungsbeseitigungsmaßnahmen signifikant zu verbessern. Oftmals ergänzen Städte und Verkehrsunternehmen ihre sensorisch erhobenen Daten noch mit aus Verbindungsdaten der Mobilfunknetze abgeleiteten Bewegungsdaten, die ebenfalls ein Echtzeitabbild der Mobilität liefern.

Zusammen mit der durch die inzwischen große Verbreitung mobiler Endgeräte deutlich verbesserten Zugänglichkeit dieser (Echtzeit-)Verkehrsinformation kann im Störungsfall nahezu instantan eine Umleitung von Verkehrs- oder Fahrgastströmen erfolgen, und zwar so, dass die Funktionsfähigkeit des Systems aufrechterhalten wird, indem Störungsbereiche umfahren bzw. vermieden werden können. So hat beispielsweise der Ausbau der Fahrgastinformation im ÖPNV insbesondere in den letzten 5 bis 10 Jahren zu einer deutlichen Verbesserung der Flexibilität geführt. Während in der Vergangenheit bei Störungen in der Regel nur Beratungspunkte an den Bahnhöfen oder Telefonauskünfte zur Verfügung standen (wobei deren Kapazitäten oft in kürzester Zeit durch die hohe Nachfrage zum Beispiel im Falle eines Zugausfalls überlastet waren), können Alternativrouten oder -verkehrsmittel heute direkt an die Endgeräte der Fahrgäste übermittelt werden. So lassen sich Systembelastungen deutlich schneller abbauen und deren vollständige Funktionsfähigkeit zeitnah wiederherstellen.

Auf immer mehr Endgeräten der Verkehrsteilnehmer wird die Verkehrslage dynamisch angezeigt. Aber nicht nur dort. Auch immer mehr Haltestellen der ÖPNV-Netze in deutschen Städten verfügen über Anzeiger für dynamische Fahrgastinformation (DFI) sowie Module zur Verbreitung akustischer Fahrgastinformation. Letztere leisten zudem einen nicht zu unterschätzenden Beitrag zur Inklusion, da sie sehbeeinträchtigten Fahrgästen die Navigation durch das Netz erleichtern. Auch im Straßenverkehr kann die Steuerung der Verkehrsflüsse mittlerweile deutlich präziser und vor allem ebenfalls in Echtzeit erfolgen, indem dynamische Wegweiser am Straßenrand installiert oder Lichtsignalanlagen aufgerüstet werden.

Die neuen Eingriffsmöglichkeiten aufgrund einer umfassenden Digitalisierung bringen insgesamt eine Steigerung der Flexibilität und Variabilität der Systemkomponenten im Verkehr mit sich. Sie ermöglichen nicht nur eine Verbesserung der Resilienz, sondern stiften auch zusätzlichen Nutzen, indem sie beispielsweise ein umweltsensitives Verkehrsmanagement oder die Bevorrechtigung von Einsatzfahrzeugen ermöglichen. Um Verkehrsdaten für die Verkehrsplanung, Verkehrssteuerung oder Bereitstellung von Fahrgastinformation effektiv nutzen zu können, muss stets sichergestellt sein, dass die erforderlichen Daten sicher erfasst und ohne Unterbrechung bereitgestellt werden. Entscheidend ist, eine einheitliche Schnittstelle zwischen denjenigen, die Daten erheben, und denjenigen, die Daten nutzen, einzurichten. Hierfür wird jetzt unter der Verantwortung des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV) mit der Mobilithek eine Plattform als einheitlicher Zugangspunkt entwickelt. Die Mobilithek löst dabei die beiden bisher angebotenen Plattformen „Mobilitäts Daten Marktplatz“ (MDM) und mCLOUD bis 2023 ab und stellt als nationaler Anschlusspunkt (NAP) die barrierefreie Kooperation mit anderen europäischen Systemen sicher.

Fülle und Qualität der in den letzten beiden Jahrzehnten gewonnenen Verkehrs- und Mobilitätsdaten ermöglichen auf Basis von Big-Data-Analysen eine zielgerichtete und hocheffiziente Planung der Verkehrsinfrastrukturen – sowohl hinsichtlich der Befriedigung aktueller Nachfrage als auch zur Vorbereitung auf Fluktuationen in der Nachfrage. Ein virtuelles Abbild der gesamten städtischen Infrastruktur oder des Mobilitätssystems in Form eines „Digitalen Zwillings“ ermöglicht eine optimierte Planung von Ausbau- und Stärkungsmaßnahmen, die vorausschauende Wartung von Systemkomponenten („Predictive Maintenance“) und die Simulation von Störungsfällen.

b) Systemflexibilität und -kapazitäten: Automatisierung

Neue Automatisierungstechnologien für die Fahrzeugsteuerung, sowohl im Straßen- als auch im Schienenverkehr, werden dazu beitragen, sowohl die Flexibilität als auch die Kapazität der Verkehrssysteme weiter zu erhöhen. Während Materialverschleiß und notwendige Wartungsarbeiten bzw. der Austausch von Komponenten schon heute immer besser planbar sind, ist der entscheidende Faktor für die Verfügbarkeit von Fahrzeugen und somit für die Kapazität des Mobilitätssystems oftmals die Verfügbarkeit des Fahrpersonals. Während der COVID-19-Pandemie konnte beobachtet werden, dass Spitzen in der Infektionsrate zum Teil umgehend zu einer Reduzierung des ÖPNV-Angebots führten. Der Einsatz von hochautomatisierten oder gar autonomen Fahrzeugen erlaubt einerseits im Normalbetrieb eine Erhöhung der Linientaktung und somit eine Steigerung der Attraktivität umweltfreundlicher Verkehrsträger und reduziert andererseits im Störungsfall die Abhängigkeit von Personalressourcen. In Deutschland werden in Nürnberg und Hamburg einzelne Schienenpersonennahverkehrslinien zumindest schon teilautomatisiert betrieben. Eine landesweite Umsetzung dieser Technologie kann zur Steigerung der Systemresilienz beitragen.

Die Einführung automatisierter Fahrzeuge im Straßenverkehr geht langsamer vonstatten. Hier besteht derzeit noch ein deutlich höherer Forschungs- und Entwicklungsbedarf bis zum Regelbetrieb im Mischverkehr. Ursächlich dafür sind die sehr viel höhere Komplexität des Wegenetzes und die Häufigkeit der Interaktionen zwischen einzelnen Fahrzeugen. Sobald sichere Lösungen zur Verfügung stehen, weisen automatisierte Fahrzeuge auch im Straßenverkehr ein signifikantes Potenzial zur Angebotsausweitung und -sicherung auf. Einerseits ermöglichen sie eine Erweiterung der Leistungsfähigkeit des Mobilitätssystems, und wirken schon damit Resilienz stärkend. Zudem sind automatisierte Fahrzeuge im Straßenverkehr für alle Nutzungsgruppen zugänglich und ermöglichen beispielsweise automatisierte On-Demand-Shuttle-Mobilität – unabhängig vom Alter oder der Fahrfähigkeit. Automatisierte Fahrzeuge können gleichzeitig den Anschluss aller städtischen, aber auch ländlichen Gebiete an das konventionelle ÖPNV-System gewährleisten. Im Fall einer Störung des schienengebundenen ÖPNV könnten fahrerlosen Shuttle auch direkt als Ersatzverkehre dienen und flexibel Alternativrouten zur Umfahrung bzw. Vermeidung der Störung verfolgen. Auf diese Weise leisten automatisierte Fahrzeuge unabhängig vom Verkehrsträger nicht nur für den Personenverkehr, sondern auch für Wirtschafts- und Logistikverkehre einen Beitrag zur Steigerung der Systemresilienz.

Unter dem Gesichtspunkt der Resilienz kann auch dem urbanen Luftverkehr in Gestalt automatisierter Drohnen eine hohe Bedeutung zukommen. Automatisierte Drohnen sind vollkommen unabhängig von physischer Infrastruktur und somit ein nicht zu unterschätzender Baustein zur sicheren Versorgung der Bevölkerung. Ruanda zum Beispiel nutzt autonome Drohnen bereits seit 2016, um Kliniken mit Blutkonserven und weiteren medizinischen Hilfsgütern zu beliefern. Für den ostafrikanischen Binnenstaat mit einer im Vergleich zu entwickelten Ländern rückständigen physischen Infrastruktur sind Drohnen somit bereits heute ein wertvolles Element seiner Verkehrssysteme. Auch für den Personentransport werden Anwendungsfälle mit Drohnen erprobt. Diese Technik wird aber wohl erst in einer langfristigen Perspektive die Resilienz des Mobilitätssystems erhöhen und eine weitere Redundanz vorhalten können.

c) Systemredundanz und -agilität: Multimodalität/Mobility-as-a-Service

Allein durch die inzwischen vorhandene Vielzahl nicht nur an Verkehrsträgern, sondern auch an Mobilitätsangeboten gewinnt das Mobilitätssystem insgesamt an Diversität und damit an zunehmender Flexibilität und Agilität. War die individuelle Mobilität in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts noch neben dem Fußverkehr und klassischen ÖPNV-Angeboten wie Bus und Bahn geprägt vom Besitz privater Fahrzeuge kamen im 21. Jahrhundert – getrieben durch neue technische Möglichkeiten in Folge zunehmender Digitalisierung und Vernetzung – eine Vielzahl alternativer Angebote wie Car-, Bike- oder Scooter-Sharing sowie Ride-Pooling hinzu. Die hohe Verbreitung mobiler

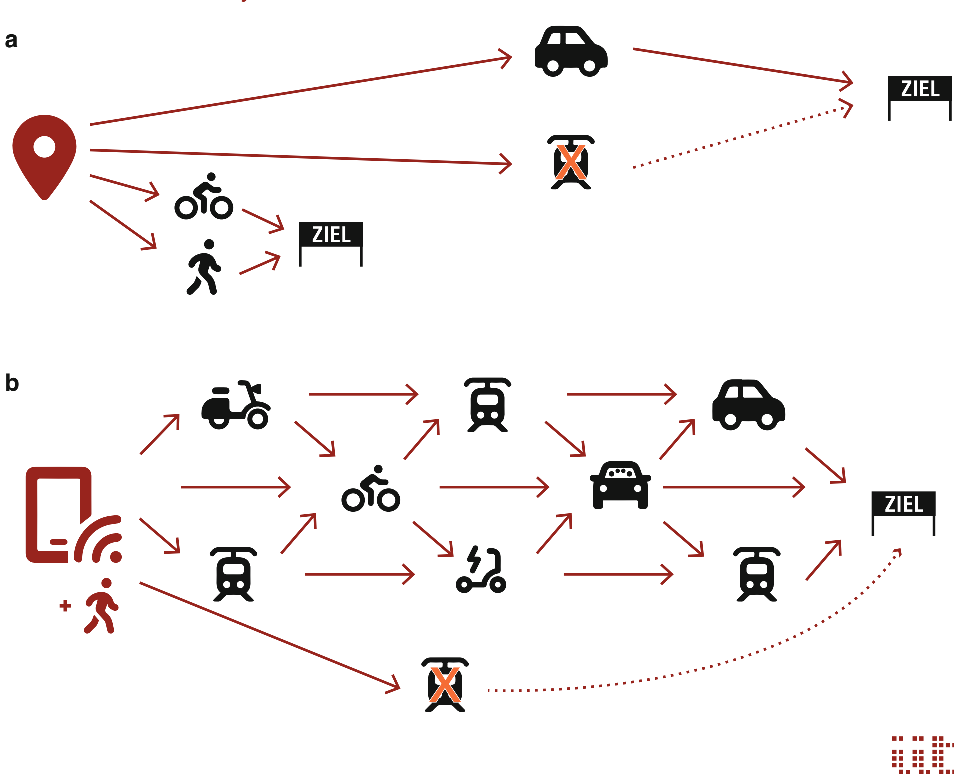


Abb. 9.1 Gesteigerte Redundanz in einem digitalen und multimodalen Mobilitätssystem. **a** *Altes, nicht digitales und nicht vernetztes Mobilitätssystem, begrenzte Reichweite im monomodalen Rad-/Fußverkehr.* **b** *Vernetztes multimodales System, mit erhöhter Redundanz, die im Störungsfall (unterster Pfad) Alternativen bietet. Dazu neue Mobilitätsformen/-angebote, wie Carsharing und Darstellung eines Nutzenden mit App. (Quelle: Institut für Innovation und Technik (iit), eigene Darstellung)*

Endgeräte und die Entwicklung intelligenter Routing-Algorithmen ermöglichen es inzwischen sogar, diese unterschiedlichen Mobilitätsmodi zu vernetzen und so jedem einzelnen eine seinen persönlichen Bedürfnissen entsprechende optimale multimodale Reisekette individuell zur Verfügung zu stellen. Das Verständnis der persönlichen Mobilität verschiebt sich damit von der starren Nutzung isolierter Verkehrsmodi hin zu einem vernetzten Mobilitätsangebot, in dem die Art der Verkehrsträger in den Hintergrund rückt (engl. Mobility-as-a-Service [MaaS]). Wesentlicher Erfolgsfaktor für die

Weiterentwicklung des MaaS-Angebotes wird die Automatisierung sein. So kann die Integration fahrerloser Fahrzeugflotten beispielsweise die Anbindung bisher wenig erschlossener Regionen an bestehende Mobilitätsnetze ermöglichen.

Ein vernetztes MaaS-System zeichnet sich dadurch aus, dass es nicht von einzelnen Verkehrsträgern abhängig ist. Zu jedem Glied einer multimodalen Verkehrskette existieren mehrere Alternativen, die dafür Sorge tragen, dass das Mobilitätsystem als Ganzes funktionsfähig bleibt. So kann zum Beispiel der Ausfall einer Bahnlinie durch die Nutzung von Bike-Sharing-Angeboten umgangen werden (siehe Abb. 9.1). Entscheidend für die Vernetzung ist, dass sich die eingebundenen Verkehrsmodi in ihrer Anfälligkeit für äußere Einflüsse möglichst unterscheiden. So hat zum Beispiel eine Störung in der Leitstelle des schienengebundenen ÖPNV keinen Einfluss auf die Verfügbarkeit einer Car-Sharing-Flotte. Auch kann die U-Bahn ungestört funktionieren, wenn etwa bei widrigen Wetterbedingungen der Straßenverkehr zum Erliegen kommt. Über diese Resilienz erzeugende Redundanz einzelner Komponenten des Systems, bietet MaaS gegenüber der ausschließlichen Nutzung einzelner Verkehrsmodi einen erheblichen weiteren Vorteil: Zu jedem Zeitpunkt kann auf die Reisekette Einfluss genommen und die Route bedarfsgerecht angepasst werden. Das System lässt sich stets dynamisch an äußere Einflüsse anpassen. Der künftige Erfolg des MaaS-Konzepts hängt im Wesentlichen von dem Grad der Vernetzung der verschiedenen Verkehrsträger und -anbieter sowie der Integration der zur Verfügung stehenden Verkehrs-, Umwelt-, Meteorologie- und anderer relevanter Daten ab.

d) Systemrobustheit: Ausbau des Mikromobilitätsangebots

Bei der Betrachtung und Bewertung der Resilienz von Mobilitätssystemen muss auch deren Abhängigkeit von anderen Sektoren berücksichtigt werden. In den letzten Jahren und Monaten springen zwei Faktoren ins Auge: Die COVID-19-Pandemie hat die Interdependenz zwischen Mobilitäts- und Gesundheitssektor offengelegt, und der Ukraine-Krieg hat die Abhängigkeit der Verkehrsträger, insbesondere des motorisierten (Individual-)Verkehrs und der Logistik, vom Energiesektor auf schmerzhafte Weise verdeutlicht. Es zeigt sich, dass solchen Störungen von außen mit einer Ausweitung und Stärkung von Mikromobilitätsangeboten begegnet werden kann. Mikromobilitätsangebote können dazu beitragen, vor allem die Resilienz der persönlichen Mobilität zu stärken. Fuß- und Radverkehr ermöglichen eine von der Energieversorgung unabhängige Mobilität und auch weitere Formen der Mikromobilität (z. B. Elektro-Tretroller, E-Fahrräder oder Segways) können auf Grundlage einer nachhaltigen Stromversorgung energieautark genutzt werden. Die Reichweite dieser Mobilitätsformen ist begrenzt. Das bedeutet im Gegenzug, dass ihre gewünschte weitere Verbreitung in der Stadtplanung zu berücksichtigen ist und Anpassungen in der Arbeitswelt vorzunehmen sind. In Europa haben unter anderem die Stadtregierungen in Oslo, Madrid und Paris den Wert der Mikromobilität für eine krisenfeste

Stadt erkannt und warten mit Plänen zur Entwicklung einer 15-Minuten-Stadt auf (Schöberl 2022), in der Arbeit, Freizeitaktivitäten, Kindertagesstätten und Schulen sowie die Geschäfte zur Eigenversorgung innerhalb von 15 Minuten erreicht werden können.

Die COVID-19-Pandemie bot auf vielfältige Weise dazu Anlass, etablierte Strukturen und Handlungsweisen zu überdenken und verschiedene Maßnahmen zur Stärkung der Mikromobilität zu erproben. Zum Beispiel:

- Verbreiterung von Fuß- und Radwegen („Pop-up"-Radwege), zum Beispiel zur Aufrechterhaltung der Mobilität in Folge der (pandemiebedingten) Reduzierung des ÖPNV-Angebots. Dieses Mittel wurde vor allem in Europa und Südamerika genutzt. Je nach Ausgangslage wurde der Fuß- und Radverkehr auf einigen Strecken damit überhaupt erst ermöglicht. Die Auswirkungen sind am Anteile des Modal Split entsprechend deutlich ablesbar – in Quito hat die Einführung der „Pop-up"-Radwege im Mai 2020 eine Zunahme der mit dem Rad zurückgelegten Wege um 734 Prozent (Eltis 2021) bewirkt.
- Reduzierung der Höchstgeschwindigkeit für den Automobilverkehr mit der Einführung einer Tempo-30-Zone in Brüssel.
- Neugestaltung des Straßenraums durch die Installation von Parklets oder die (Teil-)Beruhigung von Verkehrsstraßen wie der Zusammenschluss von Straßenzügen zu „Superblocks".

Krisen, die abrupte Veränderungen im Mobilitätsverhalten mit sich bringen, bergen die Möglichkeit kurzfristig neue Konzepte zu implementieren und zu erproben. So hat während der COVID-19-Pandemie die Kontaktreduzierung zur Vermeidung der Virusausbreitung eine deutliche Verschiebung in der Arbeitswelt vom Büro zum Home-Office bewirkt. Dieser inzwischen manifeste Trend bietet Stadtplanern die Möglichkeit, die Stadt multipolar umzugestalten, und zwar derart, dass die alltäglichen Wege durch Formen der Mikromobilität gesichert werden können. Da die Mikromobilität auch zum Gesundheits- und Klimaschutz und somit insgesamt zu einer Verbesserung der Lebensqualität beiträgt, wurden entsprechende Maßnahmen von der Bevölkerung überwiegend positiv aufgenommen und in großer Zahl auch nach Ende der Kontaktbeschränkungen beibehalten. Mikromobilität fand so als dauerhaft wirksames Instrument Eingang in den Kanon der Stadt- und Mobilitätsplanung.

Zukunft der Mobilität

Nachhaltige und inklusive Mobilitätssysteme müssen nicht nur die vielfältigen Mobilitätsbedürfnisse verschiedener Nutzergruppen bedienen können. Sie müssen auch dazu in der Lage sein, ihre Leistungsfähigkeit unter anwachsender Belastung sowie teil- bis

unvorhersehbaren Störungen unter Beweis zu stellen wie etwa in einem pandemiebedingten Lockdown. In dieser Hinsicht hat sich die Digitalisierung über mittlerweile mehr als zwei Jahrzehnte als äußerst wirkungsvolles Instrument zur Steigerung der Versatilität, Nachhaltigkeit und Inklusion von Mobilitätssystemen erwiesen. In Ergänzung zur physischen Infrastruktur – Voraussetzung für jede Form der Mobilität und erstes Kriterium für ihren Fortbetrieb im Störungsfall – eröffnen Digitalisierungslösungen zusätzliche, virtuelle, Monitoring- und Steuerungseben der Mobilitätssysteme. Digitalisierung trägt zur Robustheit, Redundanz und Flexibilität, mit einem Wort: zur Systemresilienz bei. Erst ein volldigitalisiertes und vernetztes Mobilitätssystem verfügt über die notwendige Agilität und Versatilität, um erwartete und unerwartete Störungen zu bewältigen.

Zweifellos bringen Vernetzungs- und Automatisierungstechnologien auch neue Risiken mit sich, im Wesentlichen hinsichtlich der Cybersecurity. Dies äußert sich vor allem in einer zunehmenden Abhängigkeit der Mobilitätssysteme von erforderlichen Software- und Hardwarekomponenten sowie von der Energieversorgung. Deren Resilienz betrifft neuralgische Punkte der Mobilitätssysteme und muss ebenfalls analysiert und gestärkt werden. In Anbetracht der zentralen Bedeutung der Verkehrssicherheit für die Gesundheit und den Lebensstandard einer Gesellschaft, gilt es bei Einführung intelligenter, digitaler Mobilitätslösungen, deren Vorteile und Risiken sorgfältig abzuwägen sowie in einer umfangreichen Erprobungsphase zu testen. So lassen sich Risiken auf ein vertretbares Maß reduzieren, um zugleich die Vorteile der Digitalisierung für die Systemresilienz, insbesondere hinsichtlich der Handlungsfähigkeit und -schnelligkeit, zur Geltung kommen zu lassen.

Um Mobilitätssysteme resilient zu gestalten, bedarf es vor allem der Digitalisierung. Zentrale Instrumente sind:

a) Datenerhebung zur Verbesserung der Systemkenntnis

b) Vernetzung und Steuerungssoftware zur Steigerung der Systemagilität

Mobilitätssysteme haben über Jahrzehnte deutlich an Komplexität gewonnen und werden im 21. Jahrhundert zunehmend mit Krisen konfrontiert sein. Mit den Werkzeugen der Digitalisierung sind sie inzwischen jedoch recht gut gerüstet, um Resilienz gegenüber neuen Herausforderungen zu zeigen. Die Gewährleistung der Systemresilienz erfordert daher vor allem den weiteren Ausbau der Eckpfeiler der Digitalisierung: Datenerhebung und Steuerungssoftware. Jede Störung oder Krise bietet Möglichkeiten zur Erprobung neuer Mobilitätskonzepte und kann somit auch ursächlich für eine weitere Stärkung des Systems sein. Für einen schnellen Erfolg kommt es vor allem darauf an, unter den in unterschiedlichen Städten erprobten Lösungsansätzen für digitale und vernetzte Mobilität „Best practice"-Konzepte zu identifizieren und auf andere Orte zu übertragen.

Literatur

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (Hrsg.) (2011): Sektoren und Branchen KRITIS. 2011. Online verfügbar unter https://www.bbk.bund.de/DE/Themen/Kritische-Infrastrukturen/Sektoren-Branchen/sektoren-branchen_node.html, zuletzt geprüft am 06.05.2022.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (Hrsg.) (2019): Mobilität in Deutschland. Verkehrsaufkommen – Struktur – Trends. Kurzreport. Unter Mitarbeit von infas Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH. Online verfügbar unter http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/infas_Mobilitaet_in_Deutschland_2017_Kurzreport.pdf, zuletzt geprüft am 06.05.2022.

Eltis (Hrsg.) (2021): Topic Guide: Planning for more resilient and robust urban mobility. Unter Mitarbeit von POLIS und Rupprecht Consult - Forschung & Beratung GmbH. Online verfügbar unter https://www.eltis.org/sites/default/files/sump_topic-guide_planning_for_more_resilient_and_robust_urban_mobility_online_version.pdf.

European Automobile Manufacturers Association (ACEA) (Hrsg.) (2021): Vehicles in use in Europe. European Automobile Manufacturers Association (ACEA).

Jenelius, Erik; Mattsson, Lars-Göran (2020): Resilience of Transport Systems. In: Encyclopedia of Transportation, S. 258–267. Online verfügbar unter https://people.kth.se/~jenelius/JM_2020.pdf.

Kraftfahrt-Bundesamt (2002): Pressebericht 2002. Online unter: https://www.kba.de/SharedDocs/Downloads/DE/Jahresberichte/jahresbericht_2002_pdf, zuletzt geprüft am 06.05.2022.

Mattsson, Lars-Göran; Jenelius, Erik (2015): Vulnerability and resilience of transport systems. A discussion of recent research. In: *Transportation Research Part A: Policy and Practice* (Volume 8), S. 16–34. https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.06.002.

Randelhoff, Martin (2013): Resiliente Infrastrukturen und Städte: Kritikalität und Interdependenzen. Online verfügbar unter https://www.zukunft-mobilitaet.net/40882/analyse/resilienz-infrastruktur-stadt-wirtschaft-zukunft-resiliente-infrastrukturen/, zuletzt geprüft am 06.05.2022.

Schöberl, Iris (2022): Der kürzeste Weg aus der Krise: Die 15-Minuten-Stadt. In: *Handelsblatt* 2022, 2022. Online verfügbar unter https://live.handelsblatt.com/der-kuerzeste-weg-aus-der-krise-die-15-minuten-stadt/.

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2022): Fahrleistungen, Verkehrsleistung und "Modal Split", Online unter: https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/fahrleistungen-verkehrsaufwand-modal-split#fahrleistung-im-personen-undguterverkehr, zuletzt geprüft am 06.05.2022.

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) (Hrsg.) (2020): Statistik 2019. Online unter: https://www.vdv.de/vdv-statistik-2019.pdfx, zuletzt geprüft am 06.05.2022.

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) (Hrsg.) (2021): Der öffentliche Verkehr: Ein Wirtschaftsfaktor für Deutschland. Analyse der volkswirtschaftlichen Effekte des öffentlichen Verkehrs in Deutschland in 2019. CONOSCOPE GmbH und KOWID Leipzig. Online verfügbar unter https://www.vdv.de/daten-fakten.aspx.





Teil III

TECHNIK

Resiliente kritische und sensible Infrastrukturen im Kontext moderner Kommunikationssysteme

–

Die Energiewende als Sprungbrett in ein resilientes Energiesystem

–

Resiliente und robuste KI-Systeme im praktischen Einsatz

–

Resilienz von Bildungssystemen: Wie Digitalisierung zur Sicherung des Bildungserfolgs beitragen kann

10 Resiliente kritische und sensible Infrastrukturen im Kontext moderner Kommunikationssysteme

Kai Börner, Dimitar Kroushkov, Jan-Ole Malchow

Moderne Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) sind das zentrale Nervensystem weltweiter Wirtschaftskreisläufe, des gesellschaftlichen Zusammenlebens und staatlichen Handelns. Sie sind einerseits eine Errungenschaft, ohne die wir unser Leben nicht so führen könnten, wie wir es kennen. Andererseits können schon kleinste Störungen in den unzähligen mit IKT hochgradig vernetzten Systemen ernsthafte Probleme bereiten. Wie also lassen sich vernetzte Systeme, bei deren Ausfall die Gefahr von Versorgungsengpässen oder Störungen der öffentlichen Sicherheit bestehen, resilient machen?

Im Zuge der voranschreitenden Digitalisierung haben die Produkte und Dienstleistungen der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) unser alltägliches Leben erleichtert und neue Chancen für Volkswirtschaften und Gesellschaften weltweit eröffnet. Moderne IKT sind das Fundament der Globalisierung und bergen die Möglichkeit, die digitale Kluft (engl. „Digital Devide") weltweit zu überwinden und so wesentlich zur Erreichung der 17 Nachhaltigkeitsziele der UN beizutragen. Hier geht es insbesondere darum, mit IKT zur Umsetzung des neunten Nachhaltigkeitsziels beizutragen: also eine belastbare Infrastruktur aufzubauen, eine integrative und nachhaltige Industrialisierung zu fördern sowie Innovationen zu unterstützen.

Effiziente und erschwingliche IKT-Infrastrukturen und -Dienste ermöglichen es allen Ländern weltweit zugleich, an der digitalen Wirtschaft teilzunehmen und ihren wirtschaftlichen Wohlstand und ihre Wettbewerbsfähigkeit zu steigern. Tatsächlich verzeichnen die meisten Entwicklungsländer schon beeindruckende Fortschritte in Richtung des neunten Nachhaltigkeitsziels mit positiven Auswirkungen in den Bereichen finanzielle Inklusion, Armutsbekämpfung und verbesserte Gesundheit.

Gleichzeitig erhöht sich jedoch auch die Abhängigkeit von den Informations- und Kommunikationstechnologien. Bereits geringe Schwankungen in der Leistungscharakteristik können in aktuellen, hochgradig vernetzten Systemen großflächig Probleme auslösen. Systemausfälle können das öffentliche Leben massiv behindern, immense wirtschaftliche Schäden verursachen und sogar Menschenleben kosten. Beispielsweise hat der Ausfall von Systemen im öffentlichen Personennahverkehr Auswirkungen auf zehntausende oder hunderttausende Menschen, der Ausfall von



V. Wittphal, *Resilienz*, https://doi.org/10.1007/978-3-662-66057-7_10

sozialen Netzwerken verursacht in wenigen Stunden wirtschaftliche Verluste in Milliardenhöhe, und der Ausfall der Kommunikation im Rettungswesen kostet im Zweifel Menschenleben. Diese Systeme werden als kritische Infrastruktur (KRITIS) bezeichnet.

Kritische Infrastrukturen

Aufgrund der fatalen Folgen von Störungen und Ausfällen müssen Systeme der kritischen Infrastruktur (KRITIS) so gestaltet sein, dass sie trotz vielfältiger Störungsmöglichkeiten – von veränderten Umweltbedingungen, über den Ausfall von Teilsystemen bis hin zu böswilligen Manipulationen – einen geordneten Betrieb aufrechterhalten können. Sie müssen also resilient sein. Begriffe wie „System" und „Infrastruktur" vermitteln leicht den Eindruck, dass Resilienz ein rein technisches Thema sei. Dies ist jedoch keineswegs der Fall. Resilienz ist letztlich immer nur in einem größeren Zusammenhang zu erreichen, das heißt es gilt, technische, organisatorische und auch gesellschaftliche Rahmenbedingungen zu berücksichtigen und in Einklang zu bringen. Besonders im Fokus für die Resilienz von KRITIS werden aktuelle und zukünftige Funktechnologien wie 5G und 6G stehen sowie IT-Sicherheit als wesentlicher Baustein resilienter, vernetzter, digitaler Systeme.

Kritische Infrastrukturen (Roßnagel et al. 2019) sind nicht in einer zentralen Rechtsnorm definiert, sondern in vielen verschiedenen Gesetzen und Verordnungen. Es handelt sich grundsätzlich um Organisationen oder Einrichtungen mit wichtiger Bedeutung für das staatliche Gemeinwesen, bei deren Ausfall oder Beeinträchtigung bedrohliche Versorgungsengpässe, erhebliche Störungen der öffentlichen Sicherheit oder andere dramatische Folgen eintreten würden. In Deutschland wurden erste Schritte in Richtung Regulierung kritischer Infrastrukturen im Jahr 2008 unternommen, und zwar mit der „Richtlinie 2008/114/EG des Rates vom 8. Dezember 2008 über die Ermittlung und Ausweisung europäischer kritischer Infrastrukturen und die Bewertung der Notwendigkeit, ihren Schutz zu verbessern" sowie mit dem Raumordnungsgesetz (ROG).

Der eigentliche Grundstein der KRITIS-Regulierung ist dann 2015 das „Gesetz zur Erhöhung der Sicherheit informationstechnischer Systeme (IT-Sicherheitsgesetz)", welches im Jahr 2021 durch das „Zweites Gesetz zur Erhöhung der Sicherheit informationstechnischer Systeme (IT-Sicherheitsgesetz 2.0)" aktualisiert wurde. Diese beiden Gesetze ändern verschiedene weitere Gesetze, insbesondere das Gesetz über das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI-Gesetz - BSIG), auf welchem wiederum die „Verordnung zur Bestimmung Kritischer Infrastrukturen nach dem BSI-Gesetz (BSI-Kritisverordnung - BSI-KritisV)" basiert. Diese Verordnung definiert die folgenden KRITIS Sektoren: Energie, Wasser, Ernährung, Informationstechnik und Telekommunikation, Gesundheit, Finanz- und Versicherungswesen sowie Transport und Verkehr. Durch das IT-Sicherheitsgesetz 2.0 kommen noch die Sektoren „Entsorgung" sowie „Unternehmen im besonderen öffentlichen Interesse" hinzu.

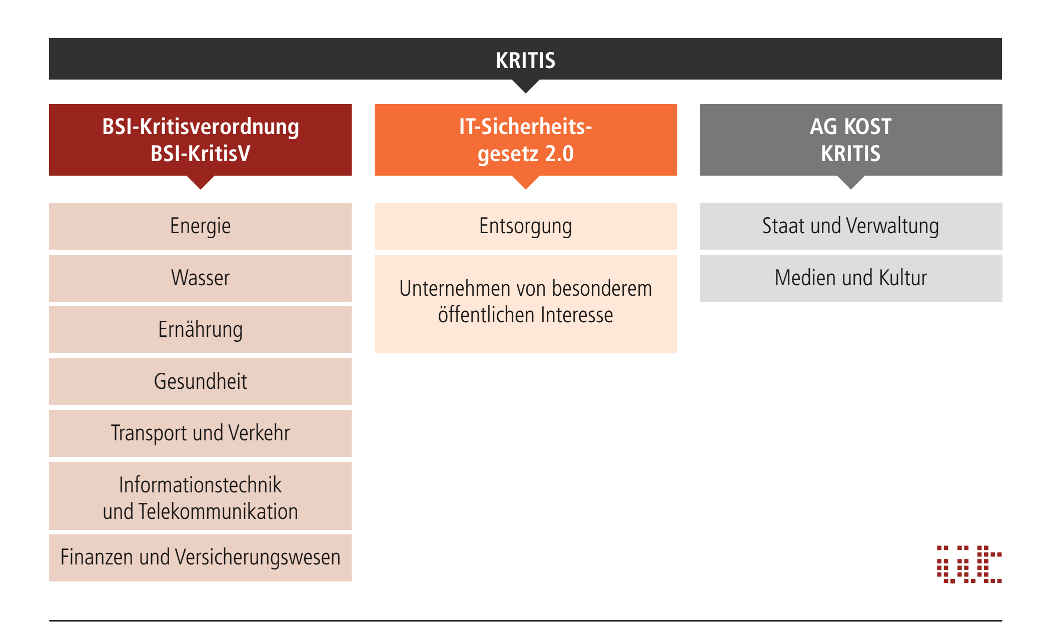


Abb. 10.1 Erweiterte KRITIS-Definition durch drei verschiedene Stellen. (Quelle: Institut für Innovation und Technik (iit), eigene Darstellung)

Dieser schon umfangreiche Katalog wird von der Bund-Länder Arbeitsgruppe für den Schutz Kritischer Infrastrukturen (AG KOST KRITIS) noch um zwei weitere Sektoren ergänzt, und zwar „Staat und Verwaltung" sowie „Medien und Kultur". So sind aktuell zehn KRITIS-Sektoren mit 29 Branchen definiert. Beispielhaft teilt sich Informations- und Kommunikationstechnologie in die Branchen Telekommunikation und Informationstechnik mit den kritischen Dienstleistungen Sprach- und Datenübertragung sowie Datenspeicherung und -verarbeitung. Hinzu kommen noch „Unternehmen im besonderen öffentlichen Interesse", beispielsweise Hersteller von Rüstungsgütern und IT-Produkten für staatliche Verschlusssachen (VS), Unternehmen mit besonderer volkswirtschaftlicher Bedeutung sowie weitere Unternehmen im Bereich Gefahrstoffe, die noch nicht anderweitig von KRITIS erfasst sind (Abb. 10.1).

Über diese klaren KRITIS-Zuordnungen hinausgehend, gilt es, „sensible" Infrastrukturen bei resilienzsteigernden Maßnahmen zu berücksichtigen. Denn aufgrund der weiter fortschreitenden und allumfänglichen Vernetzung entstehen faktisch anfällige Gesamtsysteme in nahezu allen Bereichen, die von der strengen KRITIS-Definition bisher nicht erfasst werden. Teilweise entstehen diese Anfälligkeiten auch aufgrund von komplexen, international verwobenen Abhängigkeiten, die zum einen kaum nachvollziehbar sind und die zum anderen nicht unter die deutsche Regulierung fallen. So waren im Jahr 2021 bis zu 1.500 Unternehmen weltweit von einem

Ransomware Angriff auf einen US-amerikanischen Dienstleister betroffen (Spiegel 2021b) – in Schweden etwa das Kassensystem einer namenhaften Supermarktkette (Schirrmacher 2021).

Unterdessen bilden sich ähnliche Abhängigkeiten in zahlreichen weiteren gesellschaftlichen und technischen Bereichen heraus wie Arztpraxen, Schulen, privaten Energieerzeugungsanlagen oder Fahrzeugen, die über das Internet vernetzt sind. Umfangreiche und enge Verflechtungen zwischen Sektoren und Branchen werden vermutlich auch künftig zunehmen – und damit weitere Abhängigkeiten entstehen. So sind beispielsweise alle Sektoren auf den Energiesektor angewiesen, und in der modernen Digitalgesellschaft ist praktisch nichts mehr ohne IKT funktionsfähig. Hier einige Beispiele für die durch zunehmende Vernetzung hervorgerufenen Veränderungen in den Sektoren Energie, Ernährung, Finanz- und Versicherungswesen, Gesundheit, Informationstechnik und Telekommunikation, Medien und Kultur, Staat und Verwaltung, Transport und Verkehr sowie Wasser (siehe auch Tab. 10.1):

Energie

Das Stromnetz wurde über lange Zeit durch die Netzfrequenz von 50 Hz synchronisiert. Jeder Netzteilnehmer verfügte über die gleiche aktuelle Information über den Netzzustand. Leichte Schwankungen der Frequenz im Netz wurden allein durch bewegte Massen im Netz physikalisch kompensiert und größere Schwankungen z. B. durch Lastabwürfe ausgeglichen. Grundlegende Veränderungen in der Netzinfrastruktur, insbesondere im Zuge der Veränderung der Energieerzeugung – weg von wenigen zentralen Kraftwerken, hin zu vielen verteilten Erzeugern – setzen andere Steuerungsmechanismen voraus. Eine parallele digitale Kommunikationsinfrastruktur wird künftig das Energienetz steuern und somit für dessen Resilienz entscheidend sein. Fällt diese Kommunikationsinfrastruktur einmal aus, ist das Netz nicht mehr regelbar und im schlimmsten Fall bleibt nur eine großflächige Abschaltung.

Auch wird das Netz mit seinen digital strukturierten Steuermechanismen anfälliger für gezielte Angriffe. Während es unmöglich war, die Netzfrequenz zu manipulieren und so fehlerhafte Reaktionen hervorzurufen, ist dies bei digitalen Kommunikationsinfrastrukturen nicht nur grundsätzlich möglich, sondern bei geringer Qualität der entsprechenden elektronischen Bauteile sogar relativ einfach. So konnten zum Beispiel im Februar 2022 tausende Windräder nicht kontrolliert werden, weil ein Satellitennetzwerk ausgefallen war (Wilkens 2022). Da die betroffenen Anlagen aus guten Gründen über Mechanismen zur Selbstregulierung verfügen, folgte in diesem Fall kein direkter Ausfall. Der Vorfall macht jedoch deutlich, dass diese neuen Energieinfrastrukturen verwundbar sind und das gezielte Angriffe auf deren digitale Kommunikation drastische Auswirkungen haben können. Wie im Fall der ausgefallenen Supermarktkassen zeigt sich auch hier eine Kette von Abhängigkeiten. Der ursäch-

lich die Störung verursachende Satellit wird vom US-amerikanischen Unternehmen Viasat Inc. betrieben. Der Dienstleister EuroSkyPark in Saarbrücken nutzt ihn, um Verbindungen für industrielle Anlagen anzubieten. Diesen Verbindungsservice wiederum nutzt der Windanlagenhersteller Enercon zur Wartung der Anlagen bei seinen Kunden, den Betreibern von Windenergieanlagen. Der Fall macht exemplarisch deutlich, dass Resilienz neben technischer Funktionstüchtigkeit immer stärker auf organisatorischen Faktoren beruht. In komplexen Abhängigkeitsverhältnissen muss der Ausfall eines Kettengliedes bei Resilienz-Betrachtungen mitberücksichtigt werden.

Herausforderung: *Komplexe Abhängigkeitsverhältnisse in vernetzten Systemen, insbesondere auch grenzüberschreitend.*

Ernährung

Im Wirtschaftssektor Ernährung sind Lebensmittelproduktion, Lebensmittelverarbeitung und Lebensmittelhandel kritische Glieder einer Lieferkette von der Produktion bis zum Endverbraucher, woraus sich unter anderem starke Abhängigkeiten zum Sektor Transport und Verkehr ergeben. Hier sind alle Fragen der Mobilitätswende relevant sowie die digitale Vernetzung auf allen Ebenen – vom kleinsten an einem Produkt angebrachten RFID-Chip über vernetztes Fahren bis hin zu Systemen der internationalen Logistiksteuerung. Sämtliche dieser vielfach interagierenden Systeme müssen resilient und sicher gestaltet werden, um eine Versorgung mit Lebensmitteln unter allen Umständen sicherzustellen.

Zusätzlich zu diesen eher technischen Anforderungen sind Veränderungen im Verbraucherverhalten sowie damit einhergehende zusätzliche Anforderungen und Regulierungen für Resilienz relevant. Beispielsweise wird der Nachweis von Produktionsbedingungen und die Herkunft von Lebensmitteln immer wichtiger. Zudem soll die Produktion effizienter werden. All dies bedeutet, dass nachhaltige Land- und Ernährungswirtschaft künftig auf digitale vernetzte Dienste angewiesen sein wird. Tatsächlich erprobt und nutzt die moderne Landwirtschaft schon heute Campusnetze, also vernetzte Dienste abseits der öffentlichen Mobilfunkinfrastruktur, wobei inzwischen der Grad der Vernetzung und Digitalisierung schon sehr hoch ist (Kirchner 2022). Bereits heute werden Nachweise hinsichtlich Produktherkunft gefordert wie bei Fleisch vorgeschrieben: ein Steak kann bis zur einzelnen Kuh zurückverfolgt werden. Diese Nachweise stärken einerseits das Vertrauen von Verbrauchern und sind andererseits unerlässlich, um etwa Verunreinigungen schnell aufklären zu können. Im Sinne von Resilienz spielt hierbei die Sicherheit dieser Informationsketten, insbesondere die Authentizität der Daten eine große Rolle.

Herausforderung: *Sicherung der Authentizität von Daten entlang von Kommunikationsketten*

Finanz- und Versicherungswesen, Gesundheit

Stationäre und mobile Bezahlsysteme sind heute untrennbar über Kommunikationssysteme verbunden. Hygieneregeln und Kontaktbeschränkungen im Verlauf der Covid-19-Pandemie haben eine enorme Steigerung kontakt- und bargeldloser Zahlungen auch im stationären Handel induziert. Die Abhängigkeit von digitalen Zahlungsinfrastrukturen, auch im Alltag, steigt spürbar und stetig, und dafür werden zwingend verfügbare, ausfallsichere und vertrauenswürdige Kommunikationssysteme und IT-Infrastrukturen benötigt. Diese Kommunikationssysteme und IT-Infrastrukturen müssen als Gesamtsystem – von den Datenübertragungsnetzen über Datenverarbeitungszentren und Terminals bis hin zu den Endgeräten – resilient sein. Unvorhergesehene Störungen entlang der Kette können zu tagelangen Ausfällen führen (Spiegel 2022a), die in der modernen Digitalgesellschaft nicht hinnehmbar sind. In der zunehmend vernetzten Welt, in der moderne Kommunikationssysteme in der Lage sind, sich quasi in Echtzeit auszutauschen, stützt sich das digitale Wirtschaftsleben auf innovative Finanzdienstleistungen und beschleunigte Prozesse bei der Abwicklung des Zahlungsverkehrs. Das kann auch für deutsche Internetunternehmen und innovative Start-ups neue Marktchancen bedeuten (Born 2022). Diese neuen Ökosysteme sind auf verlässliche Kommunikations- und IT-Infrastruktur angewiesen und werden sich nur dann etablieren, wenn Resilienz für die Prozesse gewährleistet werden kann, einen theoretisch möglichen, fortlaufenden Betrieb auch in die Praxis umzusetzen.

Im Gesundheitssektor werden sich künftige vernetzte Plattformdienste ausbreiten: Medizinische Einrichtungen und Bürgerinnen und Bürger partizipieren so an der Digitalisierung im Gesundheitswesen und erhalten einen Mehrwert über die Nutzungsmöglichkeit digitaler Angebote. Die Anzahl der Applikationen wächst stetig (gematik GmbH 2021). Allerdings ist ein möglicher Ausfall der Kommunikationsinfrastruktur ein Risiko, das in diesem sensiblen Bereich nicht hinnehmbar ist. Bereits der Ausfall einfacher Anwendungen wie eines elektronischen Rezepts kann für Patienten schwerwiegende Folgen haben, etwa wenn sie ein dringend benötigtes Medikament nicht rechtzeitig erhalten. Auch hier gilt: Sichere Erfassung, sicherer Austausch, sichere Speicherung, sichere Verarbeitung und die Verfügbarkeit der besonders schützenswerten und wichtigen Daten ist nur mit Hilfe resilienter digitaler Infrastrukturen realisierbar. Monitoring von Vitaldaten und die Versorgung von Patienten aus der Ferne oder medizinische und soziale Robotik sind nur einige Beispiele künftiger Gesundheitsdienste, die die Verfügbarkeit sicherer, robuster, zuverlässiger und schneller Netzinfrastrukturen voraussetzen (Fettweis, et al. 2017).

Herausforderung: *Verlässlichkeit und Verfügbarkeit von Kommunikationssystemen*

Informationstechnik und Telekommunikation

Informations- und Kommunikationstechnologien sind der Schlüssel zu einer allvernetzten Umgebung der Zukunft. Allerdings gilt es auf den Weg dahin, noch wesentliche Herausforderungen zu lösen. Dazu zählt die Aufrechterhaltung von Netzinfrastrukturen und IT-Diensten in Krisen und bei Katastrophen. Geopolitische Entwicklungen und Verwerfungen beeinflussen ebenfalls die Entwicklung der IKT. Staat und Wirtschaft müssen die (IT-)Sicherheit, (Hersteller-)Abhängigkeiten und die Lieferkettenstrukturen für Netztechnik und verteilte Rechen- und Clouddienste unter Abwägung möglicher Risiken gründlich überdenken. Dabei geht es um die zugrundeliegende Software und Hardware ebenso wie um strategische Partnerschaften, die eingegangen worden sind oder eingegangen werden sollen.

Zu modernen Kommunikationsnetzen zählen die Weitverkehrsnetze, weltumspannende Satellitennetze, öffentliche und private Mobilfunknetze und örtliche Netze. Die selbstbestimmte Entwicklung künftiger Kommunikationstechnologien wie der Mobilfunk der sechsten Generation (6G) erweist sich als eine tragende Säule für Resilienz. Eine Konsequenz aus dieser Erkenntnis ist, dass es für die Entwicklung und den Aufbau vertrauenswürdiger Netz- und Dateninfrastrukturen notwendig ist, Know-how zu haben, um Anforderungen an Netzkomponenten formulieren und Netze souverän und sicher betreiben zu können. Dazu müssen Schlüsselkomponenten aus eigener Produktion („made in Europe") oder aus vertrauenswürdigen Quellen stammen.

Herausforderung: *Kommunikationsinfrastrukturen müssen technisch von Grund auf resilient und sicher konzipiert und umgesetzt werden.*

Medien und Kultur

Neben den teils sehr stark technisch geprägten Aspekten hat die zunehmende Vernetzung auch eine starke gesellschaftliche Komponente. Deutlich wird dies zum Beispiel in tiefgreifenden Veränderungen des Arbeitslebens. Befördert durch die Corona-Krise wurden Möglichkeiten des auf Vernetzung beruhenden Arbeitens im Homeoffice drastisch ausgeweitet, und es wird erwartet, dass diese Veränderungen auch nach dem Ende der eigentlichen Krise fortbestehen werden (Peters 2022). Eine weitere besonders relevante Veränderung auf Grundlage neuer Informations- und Kommunikationstechniken erfährt zurzeit die Medienkultur. Es ist nicht auszuschließen, dass die IKT Entwicklungen befördert, die zu kulturellen Zerwürfnissen und politischen Zerreißproben führen, die die Demokratie gefährden können und im schlimmsten Fall Krieg und Gewalt heraufbeschwören. Der unmittelbare, gezielte und direkte Zugang zu Zielgruppen – letztlich zu jedem Einzelnen individuell – macht es vor dem Hintergrund nur noch niederschwellig vorhandener technischer Barrieren möglich, mit relativ geringem Aufwand teils große Wirkung zu erzielen.

Viele soziale Netzwerke bieten zum Beispiel die Möglichkeit, Werbung gezielt zu platzieren – ein Umstand, der auch für politische Zwecke im Umfeld von Wahlen genutzt wird. Derart gezielte Wahlwerbung war in der Vergangenheit unmöglich. (Roßnagel et al. 2019). Neben den technischen Möglichkeiten, sehr viele Menschen sehr schnell und günstig zu erreichen, hat sich auch der Umgang mit den Medien an sich verändert. Gelogen wurde, gerade in der politischen Kommunikation, zwar schon immer (Marschall 2017), aber Art und Frequenz haben sich verändert. Heute ist es häufig ausreichend, eine Verunsicherung zu erzeugen. Gesellschaftliche und politische Strukturen werden also durch neue digitale Systeme, insbesondere durch die umfassende Vernetzung, laufend herausgefordert. Freie, unabhängige Medien sowie Meinungs- und Redefreiheit sind Grundpfeiler funktionierender demokratischer Gesellschaften. Gleichwohl ist inzwischen klar, dass eine völlig unkontrollierte Verbreitung von Informationen gleichfalls eine Bedrohung für demokratische Gesellschaften ist. Ein Dilemma, für dessen Auflösung im Rahmen eines gesellschaftlichen Dialoges und unter Berücksichtigung technischer Möglichkeiten, dringend ein Mediations- und Aushandlungsprozess einzurichten ist.

Herausforderung: *Nichttechnische Dimensionen von Resilienz müssen in einem breiten gesellschaftlichen Dialog erörtert und ausgehandelt werden.*

Staat und Verwaltung

Für Staat und Verwaltung sind im digitalen Zeitalter eine resiliente Kommunikationsinfrastruktur gleichsam das Fundament für die Sicherstellung der Funktionsfähigkeit von Legislative, Exekutive und Judikative. Insbesondere bei Katastrophenereignissen rettet die überall und jederzeit verfügbare Kommunikationsinfrastruktur des Notfall- und Rettungswesens Leben. Moderne Katastrophenfrühwarnsysteme für die Bevölkerung nutzen interaktive Applikationen für mobile Endgeräte (BBK o. J.). Rein App-basierte Warnsysteme für die Bevölkerung stoßen allerdings rasch an ihre Grenzen, wenn Datendienste über Mobilfunknetze nicht verfügbar sind oder der Verbreitungsanteil der Applikationen auf den Endgeräten die kritische Schwelle nicht erreicht hat. Zur Resilienz gehört auch die technische Möglichkeit, textbasierte Nachrichten über Cell Broadcast (Spiegel 2022b) zu versenden, um im Katastrophenfall die Bevölkerung effektiv zu warnen. Die Notwendigkeit resilienter digitaler Systeme ist im Cloudzeitalter gegeben, auch ohne extreme Szenarien von (Natur-)Katastrophen heranziehen zu müssen: Schon ein isolierter Brand in einem Datenzentrum ist ausreichend, um die Verfügbarkeit von Webdiensten bei betroffenen Kommunen massiv einzuschränken (Spiegel 2021a).

Demokratische Wahlen sind die Grundlage für das Funktionieren des Staates in Deutschland. Doch auch der eigentliche Akt der Wahl ist nicht davor gefeit, von fehlerhafter IKT und Vernetzung betroffen zu sein. So wurden bereits verschiedent-

lich, auch in Deutschland, Wahlen „online" durchgeführt. Im Jahr 2009 hat das Bundesverfassungsgericht „In den Verfahren über die Wahlprüfungsbeschwerden" dazu zwei Leitsätze verfasst. Hieraus ergibt sich, dass Wahlen grundsätzlich „online" durchgeführt werden können, jedoch bestimmte Anforderungen erfüllt sein müssen. Es muss also die Resilienz des eigentlichen Wahlvorgangs gewährleistet sein.

Es gibt zahlreiche Argumente dafür, warum „online" durchgeführte Wahlen erstrebenswert sind. Angeführt wird zum Beispiel eine drastische Zeitersparnis bei den Wählenden. Auf der anderen Seite ist es aktuell nicht möglich, digitale System hinreichend abzusichern. Auch wenn dies möglich wäre, ist es äußerst fraglich, ob der zweite vom BVG definierte Grundsatz eingehalten werden könnte. Somit besteht also durchaus die Möglichkeit, dass im Sinne eines resilienten Systems, die Urnenwahl dauerhaft die optimale Lösung bleiben wird. Ein wesentlicher Grundsatz für Resilienz ist es, jeweils die „passenden" Technologien und Organisationsformen einzusetzen. Modern erscheinende Technologien und aktuelle Trends sind im Sinne von Resilienz nicht immer die besten Lösungen.

Herausforderung: *Wahl der adäquaten Technologien und Organisationsformen unabhängig von Trends.*

Transport und Verkehr

Verkehrsleitsysteme sind bereits seit langem vernetzt – jedermann kennt zum Beispiel die steuerbaren Geschwindigkeitsschilder im Straßenverkehr. Etwas weniger bekannt sind die Systeme zur Vorrangsteuerung für Rettungsfahrzeuge oder des ÖPNV an Ampeln. Im Zuge voranschreitender Digitalisierung schließt diese Vernetzung zunehmend nicht nur die Infrastruktur, sondern auch Fahrzeuge ein. Bis 2023 werden knapp 780 Millionen vernetzte Fahrzeuge erwartet (Tyborski 2019). Allerdings wurden bereits 2015 Jeep-Fahrzeuge über das vernetzte Entertainmentsystem gehackt. Rund 1,4 Millionen dieser Pkw mussten für ein Update zurückgerufen werden (Villasenor 2015). Doch nicht nur der Verkehr auf der Straße, auch Schiffe erweisen sich als extrem verwundbar. Berichte sprechen von einem gehackten Schiff pro Tag (Osler 2021). Und bereits seit 2015 ist öffentlich bekannt, dass Bahnen und ihre Steuerungssysteme verwundbar sind (Drozhzhin 2015). Dies alles unterstreicht, wie verletzlich die kritische Verkehrsinfrastruktur heute ist. Gleichzeitig werden Pkw immer häufiger vernetzt. Die dabei entstehenden Abhängigkeiten gehen deutlich über klassische Sicherheitsprobleme hinaus. So konnten im Jahr 2021 die Türen von Tesla Fahrzeugen nicht geöffnet werden, weil es ein Netzwerkproblem gab (The Guardian 2021).

Autonom vernetzter Verkehr und die Logistik der Zukunft können nur mithilfe resilienter Kommunikationsinfrastruktur realisiert werden, denn die zukünftige Mobilität

wird wesentlich durch unbemannte Fahrzeuge zu Wasser, in der Luft, auf der Straße und auf der Schiene geprägt sein. Insbesondere für die Netzabdeckung auf dem Meer oder in der Luft gilt es, neue Wege für eine verlässliche Konnektivität zu finden. Fliegende Netzzugangsknoten, die Integration von Satellitennetzen, aber auch die Bereitstellung von KI- und Rechendiensten in der Edge-Cloud lauten einige der erkennbaren Herausforderungen.

Herausforderung: *Zuverlässige Kommunikation auch abseits öffentlicher Mobilfunkinfrastruktur, um Betriebssicherheit zu gewährleisten.*

Wasser

Eine vermeintlich „analoge" und damit sichere Infrastruktur wie die Wasserversorgung ist im Zeitalter allumfassender Vernetzung ebenfalls nicht per se ungefährdet. Der Hackerangriff auf ein Trinkwasserwerk in Florida und der damit gestartete – jedoch zum Glück vereitelte – Manipulationsversuch der Säureregulierung mit potenziell gesundheitsschädigenden und lebensbedrohlichen Folgen zeigt, wie fragil Versorgungsinfrastrukturen in einer immer komplexeren digitalisierten Gesellschaft und Wirtschaft sind (Sokolov 2021). Die beschriebene Attacke kann sich in ähnlicher oder abgewandelter Form theoretisch überall auf der Welt wieder ereignen, wenn nicht entsprechende Vorkehrungen getroffen werden. Terroristen könnten bei der Planung von Sabotageaktionen vernetzte Industrieanlagen jeglicher Art ins Visier nehmen, mit entsprechend verheerenden Folgen für Mensch und Umwelt. Die Wasserwirtschaft steht hier stellvertretend für viele Branchen, in denen es gegenwärtig um den Wechsel von isolierten, analogen Systemen hin zu vernetzten, digitalen Systemen geht. Im Zuge der Umstellung müssen bestehende Systeme angepasst werden, aber auch organisatorische Maßnahmen und Verfahrensabläufe teils völlig neu gedacht und geplant werden.

Herausforderung: *Migration zu vernetzten Anlagen unter Berücksichtigung der Anforderungen der IT-Sicherheit.*

Resilienz in vernetzten Systemen

Eine einfache Lösung zum Erreichen von Resilienz ist es, Systeme redundant auszulegen, sodass beim Ausfall einer Komponente nahtlos auf eine Reserve umgeschaltet werden kann. Dieses Vorgehen ist wohlbekannt und wird in kritischen Systemen seit langem praktiziert. Aufgrund umfangreicher Digitalisierung und Vernetzung sind inzwischen jedoch so viele System kritisch, dass eine vollständig redundante Auslegung kaum mehr möglich ist, oder zumindest sehr teuer wäre. Es sind also neue Konzepte, Methoden und Werkzeuge gefragt. Es geht darum, Resilienz mit modernen technischen Lösungen zu erreichen – bloß wie? Resiliente Systeme müssen zu-

nächst als solche geplant sein. Dies bedeutet insbesondere, dass die Organisation der Arbeitsabläufe im Zusammenhang mit dem System entsprechend geplant und auch einzuüben ist. Diese Prozessorganisation ist vom Einzelfall abhängig und muss individuell analysiert und geplant werden. Allerdings gibt es einige Aspekte, die es immer zu berücksichtigen gilt. Dies betrifft die Wartung, Reparatur oder Austausch defekter Komponenten. Auch wenn das System die Störung auffangen und die Leistungscharakteristik automatisch gewährleisten kann, muss die Ursache der Störung behoben werden. Weiterhin sind Prozesse zu etablieren, welche einen Wiederanlauf des Systems nach einem Totalausfall ermöglichen. Hierzu zählen Maßnahmen wie das Erstellen von Backups und die Kenntnis darüber, wie ein Prozess wiederhergestellt werden kann. Aber gegebenenfalls auch Dinge wie eine definierte Einschaltreihenfolge. Diese Planung muss vorgehalten, angepasst und in den Prozessen regelmäßig geübt werden. Kurzum: Resiliente Systeme müssen auf allen Ebenen technisch und organisatorisch resilient geplant werden.

Wie moderne Kommunikationssysteme zu Bausteinen resilienter Systeme werden

Resilienz in vernetzten digitalen Systemen hängt maßgeblich von sicheren und vertrauenswürdigen Kommunikationstechnologien ab. Heutige Kommunikationssysteme erfüllen zwar essenzielle Funktionen in der digitalen Gesellschaft und Wirtschaft. Sie sind jedoch nicht durchgängig darauf ausgelegt, mit unbekannten und unvorhersehbaren netzinternen wie auch netzexternen Störereignissen umzugehen (Fettweis, et al. 2017). Die umfassende Vernetzung ist ein Erfordernis für mehr Effizienz und Automatisierung in der industriellen Produktion, erzeugt aber zugleich die Notwendigkeit von Resilienz. Denn mutwillige (Ermert und Briegleb 2022) oder nachlässige menschliche Eingriffe wie auch Katastrophen, verursacht durch Naturgewalten oder Kriege, können die Kommunikationsnetze und alle damit verbundenen Dienste empfindlich stören. In alltäglichen Nutzungsszenarien wie dem Videostreaming oder dem Masseging ist eine temporär eingeschränkte Verfügbarkeit ärgerlich. In Katastrophenfällen hingegen kann die Verfügbarkeit oder Nichtverfügbarkeit von Kommunikationsnetzen über Leben und Tod entscheiden. Eine grundlegende Anforderung bei der Entwicklung künftiger Kommunikationssysteme wie dem kommenden Mobilfunkstandard 6G besteht deshalb darin, die Fähigkeit zur Regeneration oder Selbstheilung des Netzes bereits in der Netzarchitektur und der verwendeten Komponenten und Netzsoftware zu verankern (The 5G Infrastructure Association 2021) – knapp zusammengefasst unter dem Begriff Resilience-by-Design. Die Resilienz beinhaltet technologische Entwicklungen bei der Netzinfrastrukturentwicklung, bei den Transport- und Funkzugangsnetzen, sowie bei der Cloudinfrastruktur (Fettweis et al. 2017).

Der Einsatz von Technologien wie Künstliche Intelligenz (KI), Quantenkommunikation oder Konzepten wie Open RAN, der offenen Auslegung von Funkzugangsnetzen mit

interoperablen Komponenten verschiedener Hersteller zur Diversifizierung der eingesetzten Netzkomponenten beim 5G Mobilfunk, könnten bei der Weiterentwicklung zukünftiger resilienter Kommunikationssysteme eine Rolle spielen. International ist ein Wettlauf um die technologische Führerschaft bei der Entwicklung des Mobilfunkstandards der 6. Generation entstanden, verbunden mit massiven Investitionen in Forschung und Entwicklung in den führenden Wirtschaftsnationen. In Ländern wie den USA, China, Japan oder Südkorea entstanden auf nationaler Ebene strategische Programme, um die Entwicklung von 6G zu beschleunigen und die Resilienz der IKT für eine Zukunft zu gewährleisten, in der alles vernetzt ist. Inmitten dieses Technologiewettlaufs findet gerade eine Konsultation für den zukünftigen „Cyber Security Act" auf EU-Ebene statt, mit dem in Europa die digitale Zukunft gestaltet werden soll. Die Gefahr besteht, dass auch in dieser von den Industrienationen weltweit sowohl in Konkurrenz als auch in Zusammenarbeit angestrebten IKT-Welt der Zukunft Cyberunfälle ganze Ökosysteme, oder die Wirtschaft und damit die Gesellschaften empfindlich gefährden. Resilienz muss ein Kernanliegen bei der Entwicklung künftiger Kommunikationssysteme sein.

IT-Sicherheit als Baustein resilienter Systeme

IT-Sicherheit ist essenzielle Voraussetzung für die Resilienz vernetzter digitaler Systeme. Nicht nur die KRITIS-Sektoren, sondern die Digitalgesellschaft und -wirtschaft insgesamt können bei Cyberangriffen empfindlich in Mitleidenschaft gezogen werden. Das Paradigma Resilience-by-Design ist ohne Security-by-Design und Values-by-Design nicht realisierbar. Aufgrund der Schwere möglicher Sicherheitsvorfälle im Bereich KRITIS, wäre beweisbare Sicherheit über alle Komponenten eines Systems hinweg wünschenswert. Aufgrund der Komplexität und des Umfangs von Systemen ist dies jedoch, zumindest aktuell, nicht umsetzbar. Noch müssen sich Beweise auf absolut zentrale Komponenten beschränken. Es ist jedoch zu bedenken, dass die Sicherheit von Systemen in diesem Kontext von so großer Relevanz ist, dass Kosten hierfür nicht immer das ausschlaggebende Argument sein dürfen.

Wenn bestimmte zentrale Sicherheitsbausteine für sich genommen nicht wirtschaftlich entwickelt werden können, hilft es, die Dinge aus einer anderen Perspektive zu betrachten: Denn begreift man solche Komponenten als gemeinsame Infrastruktur – als kritische Infrastruktur – verspricht ein solchermaßen kooperativer, wenn auch zunächst kostspielig erscheinender Ansatz einen Vorteil für alle. Die eigentliche Wertschöpfung erfolgt in vielen Fällen durch spezifische und individuelle Dienstleistungen. Zugrundeliegende Hardware- und Softwarekomponenten sind dabei meist gleich. Ein Beispiel ist der Einsatz von Linux als Betriebssystem, aber auch von diversen Softwarebibliotheken von node.js bis OpenSSL und Bouncy Castle. Häufig erfolgt aus den Anwendungen leider kein ausreichender finanzieller Rückfluss sodass letztlich Mittel fehlen, um die Qualität dieser Komponenten langfristig zu verbessern. Hier ist Besserung notwendig.

Sektor	Herausforderung	Lösungsbausteine
Energie	Komplexe Abhängigkeitsverhältnisse in vernetzten Systemen, insbesondere auch grenzüberschreitend	› Vorausschauende Wartung › Kryptographie, Netzsicherheit
Energie	Sicherung der Authentizität von Daten entlang von Kommunikationsketten	› (Infrastrukturfreie) taktile Kommunikation › Kommunikations- und Datensicherheit
Finanz- und Versicherungswesen / Gesundheit	Verlässlichkeit und Verfügbarkeit von Kommunikationssystemen	› Privatheitschutz, IT-Sicherheit › Kryptographie, Usable Security und Privacy
Informationstechnik und Telekommunikation	Kommunikationsinfrastrukturen müssen technisch von Grund auf resilient und sicher konzipiert und umgesetzt werden	› Resilience-by-Design › Security-by-Design, Beweisbare Sicherheit, Software Defined Security
Medien und Kultur	Nichttechnische Dimensionen von Resilienz müssen in einem breiten gesellschaftlichen Dialog erörtert und ausgehandelt werden	› Allgegenwärtige Vernetzung › Values-by-Design Privacy-by-Design
Staat und Verwaltung	Wahl der adäquaten Technologien und Organisationsformen unabhängig von Trends	› Netzsicherheit › Sichere Authentifizierung, Usable Security und Privacy
Transport und Verkehr	Zuverlässige Kommunikation auch abseits öffentlicher Mobilfunkinfrastruktur, um die funktionale und die Betriebssicherheit (Safety) zu gewährleisten	› Zuverlässige taktile Kommunikation › Cloud und Edge Security
Wasser	Migration zu vernetzen Anlagen unter Berücksichtigung der Anforderungen der IT-Sicherheit	› Vorausschauende Wartung › Security Retrofitting

iit

Tab. 10.1 Überblick Herausforderungen und Lösungsbausteine aus Kommunikationssystemen und IT-Sicherheit anhand von KRITIS Sektoren (Quelle: Institut für Innovation und Technik (iit), eigene Darstellung)

Zusammenfassung

Kommunikationssysteme sind als zentrales Nervensystem der digitalen Gesellschaft und Wirtschaft einerseits unerlässlich für ihre Resilienz, andererseits müssen Kommunikationssysteme in einer allvernetzten Gesellschaft als zentrale kritische Infrastruktur mit funktionalen Verknüpfungen zu allen KRITIS-Sektoren und sensiblen Infrastrukturen selbst resilient sein. Resilienz ist in diesem Zusammenhang immer als ein ganzheitliches Konzept zu verstehen und beschränkt sich nicht nur auf die Cyber-Resilienz. Zur Realisierung der digitalen Resilienz in einer allvernetzten Struktur müssen alle Aspekte technischer und nichttechnischer Natur zusammengedacht werden. Herausforderungen dabei erwachsen unter anderem daraus, dass die Systeme auch künftig klassisch analog funktionieren müssen – beispielsweise Energie, Ernährung, Finanzen, Gesundheit, Transport, Wasser – diese aber in einer digitalisierten Welt für ihre Funktionsfähigkeit zwangsläufig auf Kommunikationssysteme angewiesen sind, welche resilient sein müssen.

Eine weitere Herausforderung ergibt sich aus dem Umstand, dass heutzutage Systeme, die über Jahre zusammengewachsen sind, sozusagen evolutionär mit resilienzstärkenden Eigenschaften versehen werden. Resilienz ist jedoch kein Stückwerk – es kommt darauf an, sie im Entwurfsprozess zu berücksichtigen und ganzheitlich umzusetzen. Der Einsatz innovativer Technologien wie KI oder Quantenkommunikation kann dabei hilfreich sein. Schließlich können eine durchdachte Kombination und Nutzung vorhandener Technologien der Kommunikationstechnik und IT-Sicherheit zum Aufbau von Resilienz eine kurzfristige Überbrückungslösung sein – bis Resilient-by-Design-Netze entwickelt werden können. Die Notwendigkeit zur Entwicklung resilienter digitaler Infrastrukturen wurde weltweit in entsprechenden (nationalen) Strategien verbrieft. In Deutschland und Europa sind diese Bestrebungen unter dem Begriff der technologischen Souveränität beziehungsweise strategischen Autonomie zusammengefasst und werden die künftige Entwicklung unserer Digitalgesellschaft prägen.

Zehn Grundgedanken zur Resilienz von vernetzten Systemen

1. Moderne IKT birgt die Möglichkeit, die digitale Kluft zu überwinden.
2. Durch die vollständige Vernetzung werden nahezu alle Systeme kritisch.
3. In einer vernetzten Welt stellen künstlich gezogene Grenzen Hemmnisse dar.
4. Resilienz bedeutet gesamtsystemisches Denken, Planen und Handeln.
5. Resilienz bedeutet neben technischen und organisatorischen Aspekten auch gesellschaftliche Fragen zu berücksichtigen.

6. Wesentlicher Grundsatz für Resilienz ist es, jeweils die passenden Technologien und Organisationsformen einzusetzen.
7. Es ist notwendig, Resilienz bereits im Entwurfsprozess zu berücksichtigen.
8. Modern erscheinende Technologien und aktuelle Trends sind im Sinne von Resilienz nicht immer die zu bevorzugenden Lösungen.
9. Kooperative Entwicklung von zentralen Komponenten kann für alle vorteilhaft sein.
10. Es gibt noch umfangreichen Forschungsbedarf.

Literatur

Born, Achim (2022): SAP steigt bei US-amerikanischem Fintech Taulia ein. In: Heise, 27.01.2022. Online verfügbar unter https://www.heise.de/news/SAP-steigt-bei-US-amerikanischen-Fintech-Taulia-ein-6340777.html, zuletzt geprüft am 06.08.2022.

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (o. J.): Warn-App NINA. Online verfügbar unter https://www.bbk.bund.de/DE/Warnung-Vorsorge/Warn-App-NINA/warn-app-nina_node.html.

Drozhzhin, Alex (2015): Kann man einen Zug hacken? In: Kaspersky Daily, 29.12.2015. Online verfügbar unter https://www.kaspersky.de/blog/train-hack/6650/, zuletzt geprüft am 06.08.2022.

Ermert, Monika; Briegleb, Volker (2022): Frankreich: Unbekannte durchtrennen Glasfaser-Backbones. In: Heise, 28.04.2022. Online verfügbar unter https://www.heise.de/news/Frankreich-Unbekannte-durchtrennen-Glasfaser-Backbones-7068664.html, zuletzt geprüft am 06.08.2022.

Fettweis, Gerhard P. et al (2017): Resiliente Netze mit Funkzugang. VDE-Positionspapier, 20.03.2017. Online unter: https://shop.vde.com/de/vde-positionspapier-resiliente-netze-mit-funkzugang, zuletzt geprüft am 06.08.2022.

gematik GmbH (Hrsg.) (2021): Atlas zur Telematikinfrastruktur. Zahlen. Daten. Fakten. Online verfügbar unter www.ti-atlas.de, zuletzt geprüft am 06.08.2022.

Kirchner, Malte (2022): Nach Diebstahl aus der Ukraine: Digitale Landmaschinen aus der Ferne gesperrt. In: Heise, 02.05.2022. Online verfügbar unter https://www.heise.de/news/Nach-Diebstahl-aus-der-Ukraine-Digitale-Landmaschinen-aus-der-Ferne-gesperrt-7071729.html, zuletzt geprüft am 06.08.2022.

Marschall, Stefan (2017): Lügen und Politik im "postfaktischen Zeitalter". In: APuZ - Aus Politk und Zeitgeschichte. Online verfügbar unter https://www.bpb.de/shop/zeitschriften/apuz/245217/luegen-und-politik-im-postfaktischen-zeitalter/, zuletzt geprüft am 06.08.2022.

Osler, David (2021): One ship is hacked every day on average. Ships and shipping companies are regularly targeted by cyber criminals, webinar discussion hears. In: Lloyd's List, 06.07.2021. Online verfügbar unter https://lloydslist.maritimeintelligence.informa.com/LL1137457/One-ship-is-hacked-every-day-on-average, zuletzt geprüft am 06.08.2022.

Peters, Benedikt (2022): Wie geht es mit dem Home-Office nach der Pandemie weiter? In: Süddeutsche Zeitung, 26.01.2022. Online verfügbar unter https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/home-office-corona-zahlen-1.5515722, zuletzt geprüft am 06.08.2022.

Roßnagel, Alexander; Eckert, Claudia; Hauschild, Timo; Müller-Quade, Jörn; Paar, Christof; Gabi, Dreo Rodosek; Waidner, Michael (2019): Gefährdung demokratischer Willensbildung durch Desinformation. Impulspapier. Online verfügbar unter https://www.forschung-it-sicherheit-kommunikationssysteme.de/dateien/forschung/2019-11-impulspapier-willensbildung_desinformation.pdf, zuletzt geprüft am 06.08.2022.

Schirrmacher, Dennis (2021): Hunderte Coop-Supermärkte in Schweden nach REvil-Ransomwarebefall geschlossen. In: Heise 2021, 04.07.2021. Online verfügbar unter https://www.heise.de/news/Hunderte-Coop-Supermaerkte-in-Schweden-nach-REvil-Ransomwarebefall-geschlossen-6128251.html, zuletzt geprüft am 06.08.2022.

Sokolov, Daniel AJ (2021): Florida: Hacker wollte Trinkwasser aus der Ferne vergiften. In: Heise, 09.02.2021. Online verfügbar unter https://www.heise.de/news/Satelliten-Stoerung-Tausende-Windraeder-nicht-steuerbar-6529189.html, zuletzt geprüft am 06.08.2022.

Spiegel (2021a): Großbrand in Datenzentrum sorgt für Ausfall von Websites. Feuer bei Cloud-Anbieter. In: Spiegel, 10.03.2021. Online verfügbar unter https://www.spiegel.de/netzwelt/web/ovh-grossbrand-in-datenzentrum-in-strassburg-sorgt-fuer-stoerungen-a-dff1fc32-8bd0-4305-a026-b6221e079455, zuletzt geprüft am 06.08.2022.

Spiegel (2021b): "REvil" erpresst bis zu 1500 Firmen. Ransomware-Angriff. In: Spiegel, 06.07.2021. Online verfügbar unter https://www.spiegel.de/netzwelt/web/ransomware-bis-zu-1500-firmen-werden-von-revil-erpresst-a-4144c655-54d2-454a-b50c-c8ddbe8f161e, zuletzt geprüft am 06.08.2022.

Spiegel (2022a): IT-Probleme bei der Postbank verärgern Kunden. Kein Zugang zu Konten. In: Spiegel, 11.02.2022. Online verfügbar unter https://www.spiegel.de/netzwelt/kein-zugang-zu-konten-it-probleme-bei-der-postbank-veraergern-kunden-a-ad9afc70-7653-4d47-ab44-40ecdc96106d, zuletzt geprüft am 06.08.2022.

Spiegel (2022b): Cell Broadcast wird erstmals bundesweit getestet. Alarmmeldungen auf allen Handys. In: Spiegel, 25.04.2022. Online verfügbar unter https://www.spiegel.de/netzwelt/netzpolitik/cell-broadcast-wird-am-warntag-2022-erstmals-getestet-a-f56d271c-cdc5-402a-86c9-298b23fd92be, zuletzt geprüft am 06.08.2022.

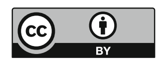
The 5G Infrastructure Association (Hg.) (2021): European Vision for the 6G Network Ecosystem. Online verfügbar unter https://5g-ppp.eu/european-vision-for-the-6g-network-ecosystem/, zuletzt geprüft am 06.08.2022.

The Guardian (2021): App outage locks hundreds of Tesla drivers out of cars. Dozen of motorists report error as company's CEO, Elon Musk, apologises on Twitter. In: The Guardian, 20.11.2021. Online unter: https://www.theguardian.com/technology/2021/nov/20/tesla-app-outage-elon-musk-apologises, zuletzt geprüft am 06.08.2022.

Tyborski, Roman (2019): Risiko vernetzte Autos: Wenn Hacker plötzlich Gas- und Bremspedal bedienen. Digitale Revolution. In: Handelsblatt, 19.11.2019. Online verfügbar unter https://www.handelsblatt.com/technik/digitale-revolution/digitale-revolution-risiko-vernetzte-autos-wenn-hacker-ploetzlich-gas-und-bremspedal-bedienen/25244352.html, zuletzt geprüft am 06.08.2022.

Villasenor, John (2015): Five Lessons On The 'Security Of Things' From The Jeep Cherokee Hack. In: Forbes, 27.07.2015. Online verfügbar unter https://www.forbes.com/sites/johnvillasenor/2015/07/27/five-lessons-on-the-security-of-things-from-the-jeep-cherokee-hack/?sh=66c4adf8692a, zuletzt geprüft am 06.08.2022.

Wilkens, Andreas (2022): Satelliten-Störung: Tausende Windräder nicht steuerbar. In: Heise, 01.03.2022. Online verfügbar unter https://www.heise.de/news/Satelliten-Stoerung-Tausende-Windraeder-nicht-steuerbar-6529189.html, zuletzt geprüft am 06.08.2022.



11 Die Energiewende als Sprungbrett in ein resilientes Energiesystem

Roman Korzynietz, Frauke Bierau-Delpont, Rainer Moorfeld

Energiesysteme sind essenziell für Sicherheit und Wohlstand und zählen zu Recht zu den kritischen Infrastrukturen in Deutschland. Gegenwärtig erzwingt die Energiewende ihren auf vielfältige Weise herausfordernden Umbau – verbunden unter anderem mit einer starken Kopplung der Teilsysteme, beherrschbar nur auf Basis umfassender Digitalisierung. Aber trotz dieser absehbar gewaltigen Komplexität künftiger Systeme darf die Versorgungssicherheit nicht leiden. So sollen die Energiesysteme sich an immer neue Anforderungen automatisch anpassen und auch hohen Belastungen standhalten können bzw. nach Versagen schnell wiederherstellbar sein. Mit einem Wort: Sie sollen resilient sein.

Der Energiesektor – Strom, Wärme, Prozesswärme und Transport – ist als Kritische Infrastruktur (KRITIS) entscheidend für die Sicherheit des Landes (Abb. 11.1). Ein Störfall mit Versorgungsausfällen kann innerhalb kürzester Zeit Krisen in einer Vielzahl anderer Sektoren hervorrufen. Von Gesundheit über Wasserversorgung, Ernährung, Finanzen, Kommunikation oder Transport, alle sind direkt von einem Ausfall betroffen.

Die Sicherheit der Energieversorgung und die sich daraus ergebenden Ansprüche und Erwartungen sind in Deutschland besonders hoch. Das heißt, der Bedarf soll jederzeit verfügbar und gedeckt sein, und das zu erschwinglichen Preisen. Dies soll auch zukünftig so bleiben.

Das formulierte Ziel der Energiewende ist es, die Energieversorgung vollständig auf Erneuerbare Energien umzustellen und die Bereiche Strom-, Wärme- und Verkehr vollständig regenerativ zu versorgen. Damit das so effizient wie möglich erreicht werden kann, wird die Vernetzung und größtmögliche Elektrifizierung der verschiedenen Energie- und Verbrauchssektoren angestrebt: die Sektorenkopplung. Dazu müssen auch etablierte Denkweisen und Handlungslogiken etwa zu Betrieb, Steuerung und Schutz des Energiesystems überdacht und hinterfragt werden. Besonders während der Transformationsphase ergeben sich allerdings auch unbekannte Herausforderungen und Risiken für die Versorgungssicherheit. Dies gilt beispielsweise für die volatile Stromerzeugung von Photovoltaik- und Windkraftanlagen, oder für die wachsende Komplexität der Steuerung, Verteilung und Überwachung. Um dem zu begegnen, ist eine effiziente, intelligente und dezentralisierte Energieversorgung, -speicherung und Nutzung nötig, in der das Stromnetz eine weitaus größere Rolle einnimmt als bisher.



V. Wittphal, *Resilienz*, https://doi.org/10.1007/978-3-662-66057-7_11

Was ist KRITIS?

„Kritische Infrastrukturen (KRITIS) sind Organisationen und Einrichtungen mit wichtiger Bedeutung für das staatliche Gemeinwesen, bei deren Ausfall oder Beeinträchtigung nachhaltig wirkende Versorgungsengpässe, erhebliche Störungen der öffentlichen Sicherheit oder andere dramatische Folgen eintreten würden.“ (BMI 2009)

Bemessungskriterien und Schwellenwerte werden für jeden Sektor individuell und bedarfsgerecht festgelegt. Für diese gelten besondere Regeln, Anforderungen und Mindeststandards (ISMS nach ISO 27001). Deren Einhaltung wird im Energiesektor von staatlicher Seite durch die Bundesnetzagentur überwacht.

Welche Sektoren sind KRITIS?

- Energie
- Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT)
- Wasser
- Gesundheit
- Ernährung
- Transport und Verkehr
- Medien und Kultur
- Staat und Verwaltung
- Finanz- und Versicherungssektor

Europäische kritische Infrastruktur

Hat ein KRITIS-Betreiber Einfluss auf zwei oder mehr Länder in der Europäischen Union, so verwendet man die Bezeichnung EKI („Europäische kritische Infrastruktur“). Eine Richtlinie (2008/114/EG) bestimmt Verfahren zur Ermittlung von EKI (Europäischer Rat 2008). Die EKI unterliegen gesonderten Sicherheitsvorkehrungen. Dazu gehören abgestimmte Sicherheitspläne, benannte Sicherheitsbeauftragte, die als Kontaktstelle zwischen Betreibern und Behörden fungieren, regelmäßigen Bedrohungsanalysen und Risikoberichte.

In der EU unterliegen vorerst nur die Bereiche Energie und Verkehr bzw. Transport dieser Richtlinie. In Zukunft werden voraussichtlich weitere Bereiche der KRITIS stärkere europäische Regulierungen erwarten dürfen. Der Bereich Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) verfügt beispielsweise bereits über eine sogenannte NIS-Richtlinie für eine EU-weite Netz- und Informationssicherheit (BSI 2021).



Abb. 11.1 KRITIS – Definition und europäische Entwicklung (Quelle: Institut für Innovation und Technik (iit), eigene Darstellung, enthaltene Referenzen: BMI 2009, Europäischer Rat 2008, BSI 2021)

Die im Zuge der Energiewende zu erwartenden Umwälzungen sind nicht etwas völlig Neues. Zurückblickend kann man feststellen, dass es immer wieder einschneidende Ereignisse gab, die zu Paradigmenwechseln im Energiesektor führten. Zum Beispiel die Ölkrise 1973, die den Industrienationen aufzeigte, wie abhängig sie von den Förderländern waren und dadurch die Sicherheit der Energieversorgung gefährdet war. Andere Beispiele sind die Reaktorkatastrophen in Tschernobyl 1986 und Fuku-

shima 2011, die für die Gefahren der Atomkraft sensibilisierten (VDI/VDE Innovation + Technik GmbH 2018). Konsequent wurden daraufhin Technologien zur Nutzung von Wind und Sonne weiterentwickelt und Gesetze beschlossen, die die Energiewende auf den Weg gebracht haben. Der damit intendierte Wandel wurde jedoch bislang aus Angst und von sich widerstreitenden wirtschaftlichen und machtpolitischen Interessen immer wieder behindert und gebremst. Die aktuelle Krise, ausgelöst durch den Krieg in der Ukraine, zeichnet sich nun durch eine Kombination aus Nähe der schockierenden Ereignisse, deren direkte Auswirkungen und eines stärkeren Umweltbewusstseins in der Gesellschaft aus. Die Gemengelage dieser Krise hat das Potenzial, den notwendigen Paradigmenwechsel im Energiesektor nicht nur in Deutschland, sondern auch in Europa zu beschleunigen.

Dabei steht die Umsetzung der Energiewende dem Ziel eines resilienten Energiesystems nicht entgegen. Im Gegenteil. Sie ist zwingend notwendig, um sich aus der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern zu befreien, den ökologischen, ökonomischen und sicherheitspolitischen Risiken zu begegnen und somit die Versorgungssicherheit auch zukünftig zu gewährleisten.

Resiliente Energieversorgung

Die Initiative der Wissenschaftsakademien für eine nachhaltige, sichere und bezahlbare Energieversorgung „Energiesysteme der Zukunft" (ESYS) hat den Begriff Resilienz im Energiesystem 2017 wie folgt definiert: *„Resilienz bedeutet, dass ein System seine Funktionsfähigkeit auch unter hoher Belastung aufrechterhält oder nach Versagen schnell wiederherstellt und aus solchen Vorgängen lernt."* (Mayer et al. 2021). Resilienz wird hier als Gewährleistung der Versorgungssicherheit des Energiesystems verstanden.

Der Energiesektor muss Antworten auf vielfältigste Belastungen und Risiken bieten. Diese können vorhersehbar oder unvorhersehbar, kurzfristig oder langfristig, punktuell oder großflächig sein. Als Auslöser kommt eine Vielzahl von Gefahrenquellen in Frage: von technischem oder menschlichem Versagen, über Cyberattacken bis hin zu Umweltkatastrophen. Eine Übersicht von Belastungen und Risiken findet sich in Abb. 11.2.

Die Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (BMI 2009) definiert drei strategische Ziele: Prävention, Reaktion und Nachhaltigkeit, die es bei allen sicherheitspolitischen Fragestellungen konsequent zu berücksichtigen gilt. Zusammen bilden diese drei Zielsetzungen einen Kreisprozess des resilienten Handelns für Kritische Infrastrukturen (KRITIS). Auf ein modernes, resilientes Energiesystem gemünzt, kann dieser Kreisprozess im Detail verfeinert dargestellt werden (Abb. 11.3). Bewährte robuste Maßnahmen, wie das Installieren wichtiger Netzkomponenten in Redundanz,

Trends

Allgemein
- Klimawandelauswirkungen werden deutlicher
- Int./ EU Zusammenarbeit
- Wachsende Akzeptanz für Energiewende
- Energiepartnerschaften
- Neue Gesetze und Regulierungen zur Beschleunigung der Energiewende und Schutz kritischer Infrastrukturen
- Steigender Energiebedarf

Technisch
- Ausstieg aus Kernkraft und Kohle
  - Paradigmenwechsel
- Ausbau Erneuerbare Energien
  - Volatile Erzeugung
  - Elektrifizierung der Sektoren
  - Dezentralisierung
- Digitalisierung
  - Lernende Systeme / KI
  - Automatisierung
  - Internet of Things
  - Industrie 4.0
- Steigende Komplexität
  - Mehr, neue Akteure
  - Bottom-up Energieflüsse
- Sektorenkopplung
  - Power-to-X
  - Flexibilität
  - Speicher
- EU Vernetzung

Unsicherheiten

Allgemein
- Effekte des Klimawandels
- Geopolitische Konflikte
- Internationale Abhängigkeiten
- Naturschutzkriterien
- Lobbyismus
- Steigende Preise
- Schwankende Bürgerakzeptanz
- Marktentwicklungen
- Politische Entscheidungen
- EU-weite Entscheidungen

Technisch
- Effekte der Energiewende
- Lieferkettenstörungen (Chipmangel, Rohstoffe)
- Höhere (IKT-) Anforderungen durch Komplexität
- Redundanz durchgängig mit n-1 Prinzip noch tragbar?
- Cyberrisiken
- Funktionalität vs. Sicherheit
- Disruptive Technologien

Belastungen & Risiken

Risikodimensionen
- Vorhersagbarkeit
- Zeitliches Ausmaß
- Größe der Ausdehnung der Belastung
- Konsequenzen/Schadenpotenzial

Natur
- Extremwetter (Hitze, Kälte, Hagel, Dürre)
- Umweltkatastrophen (Feuer, Stürme, Überschwemmungen, Erdbeben)
- Wetter – Fluktuationen

Konflikte
- Cyberattacken
- Terrorismus
- Kriege
- Erpressung über Abhängigkeiten (Brenn-, Rohstoffe, Komponenten)

Technisch
- Menschliche Bedienfehler
- Veraltete Technik
- Technisches Versagen (u.a. Produktverschleiß, IKT Fehler)
- Mangelndes Monitoring und Steuerung
- Komplexität, Vertrauen in Automatisierung
- Instandhaltungsmaßnahmen (normalerweise planbar)

Weitere
- Komponentenmangel
- Falsche Marktanreize
- Personalmangel
- EU-weite/Internationale Unterschiede in Technologie und Standards
- Langsamer Netzausbau und -umbau



Abb. 11.2 Übersicht zu Trends, Unsicherheiten und Risiken des Energiesystems (Quelle: Institut für Innovation und Technik (iit), eigene Darstellung)

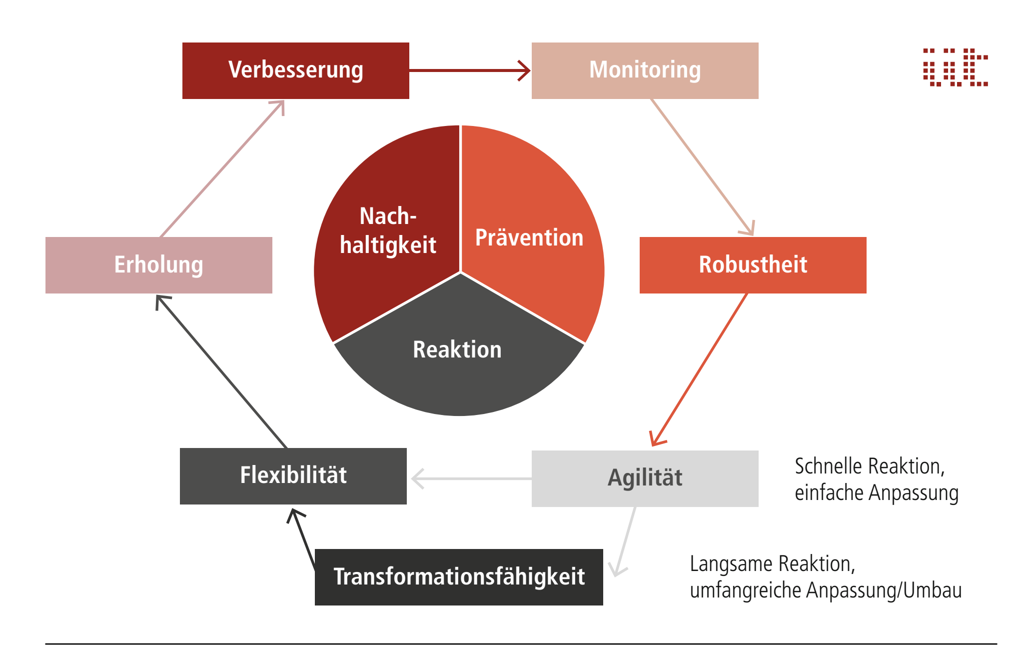


Abb. 11.3 Kreisprozess des resilienten Energiesystems (Quelle: Institut für Innovation und Technik (iit), eigene Darstellung)

ergänzen sich mit neuen agilen und flexiblen Möglichkeiten wie der automatisierten Überwachung und Steuerung, lernenden Systemen, vorausschauender Instandhaltung, Speichern, Lastmanagement und dezentralen unabhängigen Strukturen.

Für den Großteil der Vorkommnisse im Strom- und Gasnetz sind vorbeugende Schutzmaßnahmen oder praktisch augenblickliche Reaktionen das Mittel der Wahl. Dabei bleiben die Auswirkungen einer Störung im Hintergrund und werden von den Nutzern häufig gar nicht bemerkt. Allerdings müssen sich Betreiber von Energiesystemen auch auf Störungen vorbereiten, die das Potenzial haben, die Systemstabilität deutlich zu beeinflussen mit der Folge, dass es in Teilen oder im schlimmsten Fall im gesamten Netz zu Einschränkungen oder Ausfällen kommt. Bis hin zum vielbeschworenen Blackout, also einem überregionalen und länger andauernden Versorgungsausfall, der damit auch weitere kritische Infrastruktur ausfallen lässt. In solch einem Fall gilt als Prämisse für Resilienz, durch Robustheit und agiles Verhalten die Belastungen abzumildern und vorrangig kritische Strukturen des Energienetzes zu schützen oder wiederherzustellen. Daraufhin folgt eine schnellstmögliche Erholung zur Rückkehr in einen stabilen Zustand und dann schrittweise in einen Betrieb, der zukünftig besser vorbereitet ist.

Resilienzmaßnahmen für das Energiesystem entlang der Prozessschritte

Monitoring
› Identifizieren von Schwachstellen und Risiken
› Störungen schnell erkennen
› Predictive Maintenance
› Betriebsoptimierung

Robustheit
› Energie einsparen und Effizienz
› Redundanz wo möglich
› Dezentralisierung
› mehr Netzknoten
› inselbetriebsfähige Netzabschnitte
› Infrastruktur auf Klimawandel vorbereiten
› Netzausbau beschleunigen
› Soziale Akzeptanz sicherstellen

Agilität / Flexibilität
› Lastmanagement
› Automatisierung
› MicroGrids
› Speicher einbinden
› Stabilität, mit Priorisierung

Transformation
› Gesetze, Regeln anpassen
› Diversität von Energieträgern und Importquellen
› Eigene Power-to-X Infrastrukturen
› Elektrifizierung
› Digitalisierung
› Strommarktdesign reformieren
› Bürgerbeteiligung
› System von „fail-safe" auf „safe-to-fail" umgestalten

Erholung
› Internationaler Zusammenhalt, z.B. EU-weiter Ausgleich
› Notfallplanung
› Katastrophenschutz, Schutzmaßnahmen
› Puffer aufstocken
› Training

Verbesserung
› Resilienz-Strategie weiterentwickeln
› Leistungsfähigkeit erhöhen
› Ausbildung / Weiterbildung stärken
› Staatliche Förderung von Resilienz
› Ökologisch sinnvolle Anreize
› Offene Fehlerkultur und best practice Erfahrung nutzen
› lernende Systeme nutzen



Abb. 11.4 Maßnahmen für ein resilientes Energiesystem (Quelle: Institut für Innovation und Technik (iit), eigene Darstellung)

Belastungen im Kreisprozess resilienten Handelns können auch zu langfristigen Transformationsprozessen führen. Hierbei stehen zunächst Modifikationen von Gesetzen und Regularien im Mittelpunkt. Die Reaktion zur Minderung der politischen Abhängigkeit von russischen Rohstoffen gehört in diese Kategorie. Letztlich kann auch die sich über Jahrzehnte hinziehende Systemtransformation der Energiewende zur Umstellung auf Erneuerbare Energien und Anpassung des Energiesystems an den Klimawandel als resiliente Reaktion auf Belastungen betrachtet werden.

Im weiteren Artikel wird einerseits auf den Ist-Zustand, die Entwicklungstrends und die Risiken im Energiesystem näher eingegangen, andererseits werden potenzielle Maßnahmen und Handlungsfelder beleuchtet. Ein Überblick zu Resilienzmaßnahmen entlang der Kreisprozessschritte findet sich in Abb. 11.4.

Die Wende zu Energiesystemen der Zukunft

An die Energiesysteme der Zukunft werden altbekannte, aber auch ganz neue Anforderungen gestellt werden. Die wichtigste ist und bleibt die Ausfallsicherheit. Das klassische Stromnetz zeichnet sich durch ein Erzeugeroligopol aus. Wenige große Energieerzeuger stellen die Energie im Stromnetz bereit, die aktuell verbraucht wird. Die Zuverlässigkeit der Energienetze wird vor allem durch inhärente Redundanz sichergestellt. Nach dem sogenannten n-1 Prinzip übernehmen bei einem Ausfall einer Komponente andere Komponenten deren Funktionalität. Fällt beispielsweise eine Leitung oder ein Transformator in einem Umspannwerk aus, wird die zu transportierende Energie über andere Wege und Umspannwerke umgeleitet, so dass weiterhin ein stabiler Betrieb möglich ist. Somit dürfen die Komponenten des Systems nie voll ausgelastet sein, da zu jeder Zeit Kapazitäten für den Ausfall an anderer Stelle bereitgehalten werden müssen. Energieträger im klassischen Stromnetz waren vor allem Kohle, Erdgas und Kernenergie. Diese Art der Energieversorgung geht zwar einher mit einer guten Versorgungssicherheit, aber bekanntermaßen auch mit der immensen Problematik von Klimakrise, Abhängigkeit, Ressourcenraubbau, radioaktiven Abfällen und dem Tank-Teller-Konflikt[1] sowie dramatischer Entwaldung.

Inzwischen nimmt in Deutschland die Energiewende konkrete Formen an. Im Laufe des Jahres 2022 wird der Ausstieg aus der Kernenergie vollzogen, und die letzten drei Nuklearkraftwerke werden gemäß Atomgesetz (AtG) abgeschaltet.[2] Auf Basis des Urteils des Bundesverfassungsgerichts 2021, in dem das Klimaschutzgesetz der Bundesregierung von 2019 in Teilen als nicht-grundrechtskonform eingestuft wurde (Bundesrechnungshof 2022), da so die Gefahren des Klimawandels auf Zeiträume nach 2030 und zulasten jüngerer Generation verschoben würden, und gemäß des Koalitionsvertrags der neuen Bundesregierung 2021 wird der Ausstieg aus der Braunkohleverbrennung vorgezogen auf „möglichst bis 2030“. Dafür muss der Ausbau der Erneuerbaren Energien massiv vorangetrieben werden. Die im „Osterpaket“ der Bundesregierung 2022 verabschiedeten Maßnahmen unterstützen dies bereits in vielerlei Hinsicht (BMWK 2022).

---

[1] *Der Ausdruck Tank-Teller-Konflikt bezeichnet die Diskussion um die Konkurrenz vom Anbau von Energiepflanzen und dem Anbau von Nahrungs- oder Futtermitteln in Zusammenhang mit der Nutzung von Bioenergie. Dabei geht es zuvorderst um die Nutzungskonkurrenz vorhandener Agrarflächen.*

[2] *Eine Verlängerung der Laufzeiten wurde aufgrund des Ukraine-Krieges und für den Fall eines Ausfalls russischer Energielieferungen von Seiten des Bundeswirtschafts- und Bundesumweltministeriums im März 2022 geprüft und für weder sinnvoll noch verantwortungsvoll bewertet. Ein Weiterbetrieb der drei letzten Atomkraftwerke in Deutschland ist somit auszuschließen (BMWK/BMUV 2022).*

Die Energieversorgung mit Strom wird künftig völlig anders organisiert sein. Das Erzeugeroligopol wird aufgebrochen und nach und nach durch eine sehr große Zahl von kleinen, mittleren und größeren Energieerzeugern ersetzt, die dezentral verteilt und mit Blick auf Versorgungssicherheit mit unterschiedlichsten Speichertechnologien hinterlegt sind. Diese Stromnetze können als nahezu unabhängige Zellen (MicroGrids) organisiert und über mehrere Ebenen zu einem Gesamtnetz gebündelt werden. Sind kleine Zellen inselbetriebs-[3] und schwarzstartfähig[4], können diese autark und unabhängig vom Gesamtsystem operieren. Die Verteilung der Energie erfolgt hier wesentlich dynamischer, überschüssige Energie wird gespeichert oder in andere Zellen abgegeben. Energieengpässe werden zuerst durch lokale Speicher oder durch andere Zellen abgedeckt. Mittels Power-to-X-Technologien können lokale Stromüberschüsse anderen Sektoren zur Verfügung gestellt werden (Konstantinidou 2021). Das heißt, überschüssiger Strom wird wahlweise in einen flüssigen Kraftstoff (Power-to-Liquid), in Wärme oder Kälte (Power-to-Heat/-Cold) oder in ein Gas (Power-to-Gas, bspw. Wasserstoff) umgewandelt – und gleichzeitig der Anteil fossiler Energieträger in den Sektoren Wärme, Verkehr und Industrie reduziert.

Allerdings ist die Erzeugung und Rückverstromung von Wasserstoff für die Energieversorgung noch nicht besonders effizient und mit hohen Energieverlusten für den Umwandlungsprozess verbunden. Wasserstoff ist kostbar. Er ist quasi der Champagner unter den Energieformen (Kemfert 2020). Die Herstellung von Wasserstoff erfordert drei- bis fünfmal so viel Energie wie die direkte Nutzung erneuerbarer Energien. Somit ist es vernünftig, Wasserstoff künftig vorrangig dort einzusetzen, wo es noch keine – vor allem elektrische – Alternative zu fossilen Energieträgern gibt. Dies trifft bspw. auf die Stahl- und Chemieindustrie sowie auf die Luftfahrt zu. Der Einsatz von Wasserstoff in anderen Sektoren beispielsweise bei der Wärmeerzeugung oder in Pkw-Antrieben, muss folglich sehr genau geprüft werden.

Ziel der Sektorenkoppelung ist es, das Energiesystem der Zukunft als abgestimmtes Gesamtsystem zu betrachten, in dem Strom, Wärme, Verkehr und Industrie mithilfe von Power-to-X-Technologien gemeinsam optimiert werden. Dies setzt allerdings voraus, möglichst viele Komponenten aktiv und dynamisch steuern zu können. Die Stabilität im klassischen Stromnetz, die auch durch die Trägheit großer Turbinen erreicht wurde, weicht mithin einem sehr agilen und reaktionsschnellen System.

---

[3] *Die Fähigkeit einer Zelle sich bei einer Netztrennung selbst und netzunabhängig zu versorgen bzw. den Eigenbedarf zu decken.*

[4] *Die Fähigkeit einer Anlage (Stromerzeuger, Kraftwerk) unabhängig vom Stromnetz vom abgeschalteten Zustand ausgehend hochzufahren.*

Gaskrise und Transformation der Gasinfrastruktur

Ein grundlegender Bestandteil des Energieversorgungsnetzes ist neben dem Stromnetz auch die Gasinfrastruktur. Im Jahr 2022 wurde rund ein Viertel der Primärenergieversorgung der Bundesrepublik Deutschland durch Erdgas abgedeckt (BNetzA 2022). Etwa die Hälfte aller Häuser in Deutschland wird mit Erdgas beheizt. Erdgas bleibt auch zukünftig wichtig. Nach dem Kohleausstieg soll es als letzte genutzte fossile Energiequelle die Brückentechnologie der Energiewende sein. Deutschland verfügt nach Russland, der Ukraine, den USA und Kanada über die fünftgrößten Erdgasspeicher der Welt mit einem Fassungsvermögen von rund 255 TWh (NDR 2022). In der Regel werden diese Speicher in der Heizperiode der Wintermonate geleert und in den darauffolgenden Sommermonaten wieder aufgefüllt. Die Gasinfrastruktur ist aufgrund der hohen Abhängigkeit Deutschlands von Erdgas, vor allem im Wärmesektor und in der Industrie, unbedingt als KRITIS einzustufen. Gleichwohl ist das Gasnetz in privatwirtschaftlicher Hand.

Der am 24. Februar 2022 mit dem Einmarsch russischer Truppen in die Ukraine begonnene Krieg Russlands gegen die Ukraine macht das Ausmaß der Abhängigkeit Deutschlands von russischen Rohstoffen und Energieträgern überdeutlich sichtbar.[5] Im Jahr 2020 kamen 55,2 Prozent der Erdgasimporte aus Russland (BP und IHS Markit 2021). Über Ableger des russischen Staatskonzerns Gazprom werden weite Teile des Gasnetzes, mitunter der größte Gasspeicher Deutschlands im niedersächsischen Rehden, betrieben. Eine Gasknappheit beginnt sich bereits 2021 abzuzeichnen – eine Konsequenz dessen, dass Gazprom die von ihr betriebenen Speicher seit dem Sommer 2021 kaum befüllen ließ. Im Frühjahr 2022 lag der Füllstand des Speichers in Rehden bei weniger als 0,5 Prozent. Bundesweit waren die Gasspeicher zu rund einem Drittel gefüllt und damit etwa 12 Prozent unter dem Mittel der Vorjahre. Im April 2022 zog die Bundesregierung daraus Konsequenzen und übernahm die Kontrolle über Gazprom Germania, indem sie diese vorübergehend von der Bundesnetzagentur treuhänderisch verwalten ließ. Anfang Juni 2022 geht Bundeswirtschaftsminister Habeck mit der Gasspeicherbefüllungsverordnung (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz 2022) noch einen Schritt weiter, um die Kontrolle über den Gasspeicher in Rehden zurückzuholen. Die Verordnung ermöglicht die Befüllung des Speichers durch den Marktgebietsverantwortlichen Trading Hub Europe und somit die Einhaltung der Füllstandsvorgaben des Gasspeichergesetzes. Seit Kriegsbeginn in der Ukraine wurden Rufe nach einem Embargo für Öl und Gas aus Russland laut. Werden allerdings russische Steinkohle und Erdöl kurz- oder mittelfristig als substituierbar be-

[5] *Auch in der EU ist die Energieabhängigkeit von russischen Ressourcen groß. Im Jahr 2021 kamen rund 45 Prozent der Gasimporte, 27 Prozent der Rohölimporte und 45 Prozent der Steinkohleimporte aus Russland (Linher 2022).*

trachtet, so könnte ein Gasembargo, egal ob von deutscher oder russischer Seite, die deutsche Wirtschaft in eine tiefe Krise stürzen (VCI 2022).

Neben einer tatsächlichen physischen Mangellage von Gas insbesondere in den Heizperioden, machen auch die explodierenden Energiepreise sowohl Unternehmen als auch Verbraucherinnen und Verbrauchern in Deutschland zu schaffen. Von der drohenden Gasmangellage ist besonders die Stahl- und die Chemieindustrie betroffen, da für Erdgas noch die Alternativen fehlen. Die Chemieindustrie nutzt Erdgas sowohl energetisch als Prozesswärme als auch stofflich zur Herstellung von Basischemikalien. Die Produkte der Chemieindustrie sind zudem in vielen Fällen Grundstoffe, die in zahlreichen anderen Industriebranchen benötigt werden. Die Abschaltung chemischer Produktionsanlagen infolge einer mangelnden Erdgaszufuhr kann sich also über sämtliche Wertschöpfungsketten bis zum privaten Endverbrauch auswirken (VCI 2022). Ein Gasembargo von deutscher und europäischer Seite ist unwahrscheinlich. Von russischer Seite hingegen wurden Gaslieferungen bereits in den ersten Monaten nach Kriegsbeginn als Reaktion auf Wirtschaftssanktionen in mehrere europäische Staaten eingestellt.

Am 30.03.2022 wurde in Deutschland die Frühwarnstufe des Notfallplans Gas (BMWi 2019) ausgerufen. In Vorbereitung auf das Eintreten einer physischen Mangellage erarbeitet die Bundesnetzagentur in ihrer Rolle als Bundeslastenverteilerin in Zusammenarbeit mit Industrievertretern mögliche Szenarien sowie eine Planung für die Verteilung und Zuteilung knapper Gasmengen. Die gegenwärtige Situation macht deutlich, dass zur Erreichung von Resilienz im Energiesystem eine umfassende Transformation der Gasinfrastruktur erforderlich ist, um sowohl eine weitgehende Unabhängigkeit herzustellen als auch die deutschen Klimaschutzziele zu erreichen (Wachsmuth et al. 2019).

Herausforderungen während der Systemtransformation

Die mit dem Ausbau der Erneuerbaren Energien verbundene Vervielfachung der Erzeugungsanlagen erfordert neue Ansätze, um Versorgungssicherheit herzustellen. Auch erschweren wetterbedingte Schwankungen sowie eine zunehmend inhomogene Verteilung von Erzeugungsanlagen in der Fläche eine stabile Leistung im Netz und Aufrechterhaltung einer Frequenz von 50 Hz. Häufiger auftretende Extremwetterlagen aufgrund des Klimawandels bringen zusätzliche Risiken mit sich, etwa von Sturm und Hagel beschädigte PV-Module oder Übertragungsleitungen.

Die Bereitstellung erneuerbar erzeugten grundlastfähigen Stroms[6] kann aufgrund der Volatilität von Wind- und Solarenergie nur mithilfe weiterer Technologien, ins-

[6] *Die Industrie benötigt erneuerbar erzeugten grundlastfähigen Strom zu international wettbewerbsfähigen Preisen.*

besondere Energiespeichern, sichergestellt werden. Auch steigen die Anforderungen an die Flexibilität der Stromerzeugung und Nutzung. So gilt es, die Einspeisung des in unterschiedlichen Anlagen erzeugten Stroms an die Verbrauchsschwankungen anzupassen. Diese Synchronisierung wird zunehmend schwieriger, je komplexer das Energiesystem wird. Eine Lösung ist die Sektorenkopplung, die die Energiewende im Sinne einer Defossilisierung auf andere Sektoren ausweitet (Konstantinidou 2021). Obschon der Fokus auf Effizienzsteigerungsmaßnahmen liegt, zeichnet sich ab, dass eine umfassende Defossilisierung aller Sektoren im Zuge einer klimaneutralen Transformation (Netto-Null-Emissionen) den Bedarf an Zukunftsressourcen wie Erneuerbaren Energien, Wasserstoff und Biomasse in ungeahnte Höhen treiben wird und eine gut durchdachte Zuteilung der Ressourcen erfordert.

Die Digitalisierung birgt als Mega-Trend sowohl Chancen als auch Risiken bei der großformatigen Transformation des Energiesystems. So sind zur Steuerung zunehmend gekoppelter Sektoren digitale Techniken zwingend erforderlich. Denn mit steigender Anzahl von Erzeugern und Verbrauchern im System und zunehmender Kopplung von Sektoren wächst der Kommunikationsbedarf einerseits zwischen den Systemelementen und andererseits zwischen Stromanbietern und -nachfragern. Nur aufgrund leistungsstarker Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) kann somit der Umbau und Betrieb der zukünftigen Energiesysteme gelingen. Dieser sieht vor, dezentrale Erzeugungsstrukturen, Elektromobilität und auch heute noch unbekannte Marktteilnehmer effizient und sicher einzubinden. Eine leistungsstarke Kommunikationsinfrastruktur wird als zentrales Nervensystem benötigt, um unterschiedliche Anwendungen, Prozesse oder virtuelle und physikalische Objekte in einem Internet der Dinge[7] miteinander zu verknüpfen. Die Erfassung, der Austausch, die Verarbeitung und Analyse der Daten sind das Fundament für die Steuerung dieser künftig hochkomplexen Systeme. Dies wird weitgehend automatisiert stattfinden, unterstützt von Verfahren der künstlichen Intelligenz (KI) und von lernenden Systemen. So werden Veränderungen im System voraussagbar, um es a priori anzupassen. Kommt es zu unvorhersehbaren Systemzuständen, kann das System einen stabilen, minimalinvasiven Zustand einnehmen, so dass es zu möglichst geringen Beeinträchtigungen kommt. Die erhobenen Daten dienen dann dazu, aus einem solchen Ereignis zu lernen und einen neuen, geeigneteren Systemzustand herzustellen. Schließlich wird ein Störfall keinen oder nur einen sehr geringen Einfluss auf die Stabilität des angepassten Gesamtsystems haben.

[7] *Das Internet der Dinge (Internet of Things, IoT) verbindet physische Objekte mit der virtuellen Welt. Intelligente Geräte und Maschinen sind miteinander und mit dem Internet vernetzt. Sie erfassen relevante Informationen über ihre unmittelbare Umgebung, analysieren diese und verknüpfen sie.*

Beim Grad ihrer Digitalisierung weisen besonders die Verteilnetze heutzutage noch eine hohe Schwankungsbreite auf (bitkom 2018). Die unteren Netzebenen (Niederspannung und Teile der Mittelspannung) sind zu großen Teilen noch nicht digitalisiert. Hoch- und Höchstspannungsnetze sind hingegen bereits mit umfassender IT-gestützter Sensorik und Aktorik ausgestattet. Die fortschreitende Digitalisierung birgt allerdings auch das Risiko, dass die Störungsanfälligkeit des Netzes zunimmt und die Gefahr von Cyberangriffen wächst. Dennoch: Die Telekommunikation wird im künftigen Energieversorgungssystem eine besondere Rolle einnehmen und ist im Rahmen der Melde-, Steuerungs- und Fernwirktechnik sowie der Sprachübermittlung integraler Bestandteil der Systemresilienz. Zu den Risiken der Digitalisierung als zentraler Voraussetzung der Transformation des Energieversorgungssystems ist schließlich auch der zu beobachtende Mangel an technischen Fachkräften anzuführen. Ohne zusätzliche Informatikkompetenzen wird es schwer, die Transformation tatsächlich umzusetzen.

Neue Risiken

Die Systemtransformation bringt auch völlig neuartige Herausforderungen mit sich, die es zu bewältigen gilt. Aufgrund der stetig zunehmenden Vernetzung im Energiebereich steigen in Zukunft die Abhängigkeiten und Wechselwirkungen zwischen den Betreibern der IKT-Infrastruktur und der Energiesysteminfrastruktur. Die IKT-Infrastruktur ist zwar auf die Energiesysteminfrastruktur angewiesen, steuert und regelt diese aber zugleich. Angriffe auf die IKT-Infrastruktur können so direkten Einfluss auf die physikalische Welt ausüben, und ein längerer Ausfall der Energieversorgung direkten Einfluss auf die IKT-Infrastruktur haben. Mögliche neue Risiken sind:

- Die Vielzahl an kleinen, aufgrund der Digitalisierung aktiv steuerbaren Erzeugungs- und Verbrauchsanlagen wird durch die Möglichkeit von simultanem Verhalten systemrelevant.
- Fehlverhalten der IKT kann massive Auswirkungen haben. Softwarefehler, Bedienungsfehler oder Cyberangriffe lassen das Risiko anwachsen.
- Die technische Systemkomplexität erschwert die Vorhersage im operativen Betrieb der Netzbetreiber.
- Die Unvorhersehbarkeit weiterer zukünftiger Entwicklungen erschweren ein optimales Systemdesign.

Die Störung des Satelliten-Netzwerks KA-SAT im Februar 2022 hat verdeutlicht, welche Gefahren mit der Digitalisierung der Energienetze verbunden sein können (Krempl 2022). Die Störung schränkte den Betrieb von etlichen tausend Windenergieanlagen in Zentraleuropa ein. Die Windkrafträder erzeugten Strom, waren aber

für eine Überwachung und Steuerung aus der Ferne nicht mehr erreichbar. Ursache war eine massive Cyberattacke auf den Betreiber des KA-SAT Netzwerkes, bei der zehntausende Breitbandmodems außer Betrieb gesetzt wurden, und zwar zeitgleich zum bewaffneten Angriff Russlands auf die Ukraine. Der Angriff sollte offenbar vor allem Kunden in der Ukraine vom Satelliteninternet abschneiden, verursachte aber auch in ganz Europa starke Einschränkungen.

Was tun gegen den Blackout?

Der Thriller „Blackout - Morgen ist es zu spät" (2012) von Marc Elsberg veranschaulicht mit drastischen Bildern, welche Auswirkungen eine Cyberattacke auf eine vernetzte Energieinfrastruktur haben kann. Um Blackout-Risiken zu minimieren haben Expertinnen und Experten des Projektes „Energiesysteme der Zukunft"[8] 15 Handlungsoptionen für ein resilientes Energiesystem vorgestellt, das den Neuerungen in einer digitalisierten Welt Rechnung trägt. Klassisches Risikomanagement reicht nach Einschätzung der Arbeitsgruppe nicht mehr aus. Die zunehmenden Wechselwirkungen zwischen elektrischem Energiesystem und den Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) könnten ohne die Entwicklung passender Konzepte zu bisher unbekannten Störereignissen führen, die schlimmstenfalls großflächige und mehrere Stunden andauernde Stromausfälle verursachen. Die 15 Handlungsempfehlungen lassen sich in folgende Handlungsfelder einordnen:

- Wechselwirkung IKT und Energie verstehen und lenken
- Cyber-Sicherheit systemisch entwickeln
- Technische Resilienz durch Netzbetreiber und Netznutzer stärken
- IKT-Integration kleiner Anlagen netzdienlich gestalten
- Anreize für Netzbetreiber zur Steigerung der Resilienz stärken
- Beteiligung von Privatakteuren bei der Gestaltung und Umsetzung von Resilienz sicherstellen
- Langfristige Risiko- und Resilienzbewertung institutionalisieren

[8] *Eine Initiative der Wissenschaftsakademien (acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, die Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina und die Union der deutschen Akademien der Wissenschaften) für eine nachhaltige, sichere und bezahlbare Energieversorgung (Leopoldina et al. 2021).*

Wege zur Resilienz

Die Resilienz des EU-Energiemarkts ließe sich bei vollständiger Umsetzung der Vorschläge von „Fit-for-55 – Der EU-Plan für den grünen Wandel" dramatisch erhöhen (Europäischer Rat 2022). Das vorgeschlagene Paket zur Reduzierung der Netto-Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 55 Prozent beinhalten u. a. eine Senkung des Gasverbrauchs um 30 Prozent bis 2030. Der russische Angriffskrieg auf die Ukraine macht nun deutlich, dass energiewirtschaftliche Fragen auf europäischer Ebene auch als geopolitische Strategie- und Sicherheitsfragen behandelt werden müssen. Dazu erarbeitet die Initiative RePowerEU Strategien zur Gewährleistung der Energieversorgungssicherheit in EU Ländern und zur Abfederung hoher Energiepreise infolge des russischen Angriffskriegs auf die Ukraine (Europäische Kommission 08.03.2022).

Als ein langfristiges Ziel benennt die Initiative die Beendigung der russischen Energieimporte. Der Verzicht auf russisches Gas ist hierbei die größte Herausforderung, doch ein Großteil lässt sich durch Einsparungsmaßnahmen und eine Diversifizierung der Gaslieferungen erreichen. Dazu zählen Flüssiggas, diversifizierte Pipelineimporte, die Verdopplung der Biomethanproduktion, die Beschleunigung des Wasserstoffmarkt-Hochlaufs und eine zunehmende Elektrifizierung. Gleichzeitig muss die Reduzierung der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen generell beschleunigt werden. Bereits innerhalb weniger Monate konnten laut dem zweiten Fortschrittsbericht Energiesicherheit im Frühjahr 2022 bei der Reduzierung der Abhängigkeit von russischen Energieträgern in Deutschland deutliche Fortschritte erzielt werden (che/dpa 2022)[9]. Insgesamt sollte jedoch auch zwingend eine Neubewertung von Erdgas als Brückentechnologie erfolgen. Die Verstaatlichung der Gasinfrastruktur kann ebenfalls zur Resilienz des Energieversorgungssystems beitragen.

Bei der Diversifizierung von Importquellen sollten möglichst Energiepartnerschaften mit europäischen Partnern eingegangen werden, die Energieabhängigkeiten schaffen und somit zugleich Sicherheitsgarantien geben. Daneben sollte der Aufbau einer heimischen Produktion von Wasserstoffinfrastruktur intensiv vorangetrieben werden, um zumindest einen Teil des Bedarfs hierzulande decken zu können. Wie bereits in der Corona-Pandemie sichtbar wurde und nun der Krieg in der Ukraine in aller Deutlichkeit erneut vor Augen führt, muss es ebenfalls darum gehen, resiliente Lieferketten aufzubauen. Die in den letzten Jahrzehnten der Globalisierung gewachsenen Lieferketten und Stoffströme erweisen sich im Licht der aktuellen Krisen häufig als höchst anfällig. Dies gilt insbesondere für die Versorgung Deutschlands mit Energie-

[9] *Die Abhängigkeit von russischem Öl ist demnach von etwa 35 Prozent in 2021 auf 12 Prozent im April 2022 gesunken, Kohle von 50 Prozent auf rund acht Prozent. Der Importanteil von russischem Gas ist von 55 Prozent auf etwa 35 Prozent gesunken.*

trägern und grundlegenden Rohstoffen. Die europäische und internationale Zusammenarbeit, unter anderem im Rahmen der Europäischen Kritischen Infrastrukturen (EKI), war und ist zwar häufig nicht einfach, sie bietet aber jetzt die aus der Not geborene Chance zur Einsicht, dass nur in dieser Zusammenarbeit auf globale Gefahren und Krisen eine weitreichende, gemeinsame Antwort zu finden ist.

Die tägliche Steuerung des Energiesystems und die Reaktion auf Störungen werden sich im weiteren Verlauf der Energiewende und unter dem Einfluss des Klimawandels immer ähnlicher. Das künftige weitaus komplexere Energiesystem befindet sich kontinuierlich „unter Belastung" und ist andauernd aktiver Steuerung und Regelung ausgesetzt, die zum Großteil auf die angeführten Maßnahmen zur Steigerung der Resilienz zurückgreifen. Der Kreisprozess des resilienten Handelns wird somit zum Normalzustand. Dies führt zu einer kontinuierlichen Alarmbereitschaft und Verbesserung, um den Risiken und Belastungen zu begegnen.

Begreift man die Energiewende und die Digitalisierung des Energiesystems als Chance und nimmt die Herausforderung an, dann können eine größtmögliche Unabhängigkeit von Energieträgerimporten, Versorgungssicherheit und die Erreichung der Treibhausgas-Neutralität Hand in Hand gehen. Nur so kann schließlich auch für zukünftige Generationen Sicherheit und Wohlstand erreicht werden.

Literatur

bitkom (2018): Ausfallsicherheit des Energieversorgungssystems - Von der Robustheit zur Resilienz. Positionspapier. Unter Mitarbeit von Robert Spanheimer. Hrsg. v. Bitkom - Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. Online verfügbar unter https://www.bitkom.org/sites/main/files/file/import/180530-Diskussionspapier-Resilienz-des-Energieversorgungssystems-online-final-2.pdf, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

BMI (2009): Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen. BMI-Broschüre KRITIS-Strategie. Hrsg. v. Bundesministerium des Innern, Referat KM 4. Berlin. Online verfügbar unter https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/bevoelkerungsschutz/kritis.pdf%20?__blob=publicationFile&v=3, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

BMWi (2019): Notfallplan Gas für die Bundesrepublik Deutschland. gemäß Art. 8 der VERORDNUNG (EU) 2017/1938 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 25. Oktober 2017 über Maßnahmen zur Gewährleistung der sicheren Gasversorgung und zur Aufhebung der Verordnung (EU) Nr. 994/2010. Hrsg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Online verfügbar unter https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/M-O/notfallplan-gas-bundesrepublik-deutschland.pdf?__blob=publicationFile&v=5, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

BMWK (2022): Überblickspapier Osterpaket. Hrsg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. Berlin. Online verfügbar unter https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/0406_ueberblickspapier_osterpaket.pdf?__blob=publicationFile&v=14, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

BMWK/BMUV (2022): Prüfung des Weiterbetriebs von Atomkraftwerken aufgrund des Ukraine-Kriegs. Hrsg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. Berlin. Online verfügbar unter https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/P-R/pruefvermerk-laufzeitverlaengerung-atomkraftwerke.pdf?__blob=publicationFile&v=6, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

BNetzA (2022): Gas: Krisenmanagement und -vorsorge. Hrsg. v. Bundesnetzagentur. Online verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/Krisenmanagement_Krisenvorsorge/start.html, zuletzt aktualisiert am 02.05.2022, zuletzt geprüft am 02.05.2022.

BP; IHS Markit (2021): Verteilung der Erdgasbezugsquellen Deutschlands im Jahr 2020. In: *BP Statistical Review of World Energy*, S. 45. Online verfügbar unter https://de.statista.com/statistik/daten/studie/151871/umfrage/erdgasbezug-deutschlands-aus-verschiedenen-laendern/, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

BSI (2021): Gesetz zur Umsetzung der NIS-Richtlinie. Hrsg. v. BSI - Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Online verfügbar unter https://www.bsi.bund.de/DE/Das-BSI/Auftrag/Gesetze-und-Verordnungen/NIS-Richtlinie/nis-richtlinie_node.html;jsessionid=CDDDA97F3120F736743126F680ADDDCC.internet081, zuletzt aktualisiert am 19.01.2021, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2022): Verordnung zur Zurverfügungstellung unterbrechbarer Speicherkapazitäten zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit. Gasspeicherbefüllungsverordnung – GasSpBefüllV. Online verfügbar unter https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/gasspeicherbefullungsverordnung-gasspbefullv.pdf?__blob=publicationFile&v=4, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

Bundesrechnungshof (2022): Bericht nach § 99 BHO zur Steuerung des Klimaschutzes in Deutschland. Sonderbericht. Bonn. Online verfügbar unter https://www.bundesrechnungshof.de/de/veroeffentlichungen/produkte/sonderberichte/2022-sonderberichte/bund-muss-beim-klimaschutz-zielgerichtet-steuern/@@download/langfassung_pdfhttps://www.bundesrechnungshof.de/de/veroeffentlichungen/produkte/sonderberichte/2022-sonderberichte/bund-muss-beim-klimaschutz-zielgerichtet-steuern, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

che/dpa (2022): Energiekrise: Deutschland wird unabhängiger von Kohle, Öl und Gas aus Russland. In: *DER SPIEGEL Wirtschaft*, 2022. Online verfügbar unter https://www.spiegel.de/wirtschaft/energiekrise-deutschland-wird-unabhaengiger-von-kohle-oel-und-gas-aus-russland-a-086d3b7f-d911-4e69-ab92-0f264f6ce1e8, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

Europäische Kommission (08.03.2022): REPowerEU. Joint European action for more affordable, secure energy. Pressemitteilung. Strasbourg. McPHIE, Tim; Crespo Parrondo, Ana; Bedini, Giulia. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_1511, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

Europäischer Rat (2008): Schutz kritischer Infrastrukturen. EUR-Lex - 32008L0114. Online verfügbar unter https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=LEGIS-SUM%3Ajl0013, zuletzt geprüft am 03.05.2022.

Europäischer Rat (2022): „Fit für 55". Der EU-Plan für den grünen Wandel. Rat der Europäischen Union. Online verfügbar unter https://www.consilium.europa.eu/de/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/, zuletzt aktualisiert am 15.06.2022, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

Kemfert, Claudia (2020): Wasserstoff: Grün und effizient! In: *Wirtschaftsdienst* 100 (12), S. 906. https://doi.org/10.1007/s10273-020-2793-1.

Konstantinidou, Eleni (2021): Power-to-X-Technologien für die Sektorenkopplung. VDI Agenda November 2021. In: *VDI Verlag GmbH*, 25.11.2021. Online verfügbar unter https://www.vdi.de/news/detail/power-to-x-technologien-fuer-die-sektorenkopplung, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

Krempl, Stefan (2022): Viasat: Wiper-Malware hat Ausfall des Satellitennetzwerks KA-Sat verursacht. In: *heise online*, 02.04.2022. Online verfügbar unter https://www.heise.de/news/Viasat-Wiper-Malware-hat-Ausfall-des-Satellitennetzwerks-KA-Sat-verursacht-6661499.html, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

Leopoldina - Deutsche Akademie der Naturforscher; acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften; Union der Deutschen Akademien der Wissenschaften (2021): Energiesysteme der Zukunft. Fit für die Zukunft: Wissenschaftsakademien legen Optionen für resilientes, digitalisiertes Energiesystem vor. Online verfügbar unter https://energiesysteme-zukunft.de/presse/meldung/resilienz-digitalisierter-energiesysteme, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

Linher, Sigrid (2022): Aktueller Lagebericht zu EU-energiewirtschaftlichen Maßnahmen. Aktueller Lagebericht. Unter Mitarbeit von BDI-Taskforce "Russland-Ukraine", 22.04.2022.

Mayer, Christoph; Brunekreeft, Gert; Blank-Babazadeh, Marita; Stark, Sanja; Buchmann, Marius; Dalheimer, Mathias et al (Hrsg.) (2021): Resilienz digitalisierter Energiesysteme. Blackout-Risiken verstehen, Stromversorgung sicher gestalten. Leopoldina - Deutsche Akademie der Naturforscher; acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften; Union der Deutschen Akademien der Wissenschaften. München: acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Schriftenreihe Energiesysteme der Zukunft Analyse). Online verfügbar unter https://energiesysteme-zukunft.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/PDFs/ESYS_Analyse_Digitalisierung.pdf, zuletzt geprüft am 28.04.2022.

NDR (2022): Gasspeicher in Deutschland: So steht es um die Füllstände. In: *NDR Nachrichten*, 15.06.2022. Online verfügbar unter https://www.ndr.de/nachrichten/info/Gasspeicher-in-Deutschland-So-steht-es-um-die-Fuellstaende,gasspeicher120.html, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

VCI (2022): Erwartung der Branche ist gekippt. Wirtschaftslage der Chemischen Industrie und Folgen des Ukraine-Krieges, presse@vci.de. Online verfügbar unter https://www.vci.de/ergaenzende-downloads/22-03-17-erwartung-der-branche-ist-gekippt.pdf, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

VDI/VDE Innovation + Technik GmbH (Hrsg.) (2018): 40 Jahre für Innovation und Technik. Kapitel: Transformation der Energieversorgung. Unter Mitarbeit von Stefan Wolf, Markus Gaaß und Roman Korzynietz. Berlin.

Wachsmuth, Jakob; Michaelis, Julia; Neumann, Fabian; Wietschel, Martin; Duscha, Vicki; Degünther, Charlotte; Köppel, Wolfgang; Zubair, Asif (2019): Roadmap Gas für die Energiewende – Nachhaltiger Klimabeitrag des Gassektors. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe; DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Insitut des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT). Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-04-15_cc_12-2019_roadmap-gas_2.pdf, zuletzt geprüft am 02.05.2022.



12 Resiliente und robuste KI-Systeme im praktischen Einsatz

Nicole Wittenbrink, Stefanie Demirci, Steffen Wischmann

Die vielfältigen neuen Möglichkeiten Künstlicher Intelligenz (KI) faszinieren in Wirtschaft und Gesellschaft gleichermaßen – von der Produktion bis hin zu Bereichen, die von lebensverändernden und risikoreichen Entscheidungen geprägt sind, wie dem Gesundheitswesen oder auch dem autonomen Fahren. Mit dem praktischen Einsatz steigen die Anforderungen an KI-Systeme im Hinblick auf ihre Robustheit und Resilienz.

Wie alle Systeme werden auch intelligente Systeme Fehler machen und versagen, immer! Die entscheidende Frage ist deshalb, wann und wie häufig sie versagen. Viel zu wenig wird diese Grunderkenntnis aus der Geschichte der Technik konsequent in der Entwicklung von KI-Anwendungen berücksichtigt. Deren unzureichende Leistungsfähigkeit in der Praxis ist denn auch häufig nicht darauf zurückzuführen, dass etwa KI-Algorithmen noch nicht perfekt sind, sondern, und das ist besorgniserregend mit Blick auf das breite Anwendungsspektrum von KI, auf Defizite im Design- und Entwicklungsprozess. Dazu zählen Schwachstellen bei der Auswahl der Datengrundlage, der Modellerstellung beziehungsweise dem Trainieren des Modells sowie der Modellbewertung und Interpretation der Modellergebnisse. Welche Voraussetzungen hat nun also eine resiliente KI? Um Antworten auf diese Frage zu finden, gilt es zunächst, Defizite von KI-Anwendungen in der Praxis zu analysieren und grundlegende Ursachen dafür zu identifizieren.

Resiliente KI – Relevanz, Definition und Einordnung

Künstliche Intelligenz (KI) hat erst vor wenigen Jahren die Forschungslabore verlassen und gilt längst als eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts. Möglich wurde diese steile Karriere auf Grundlage einer inzwischen extrem leistungsfähigen Rechnertechnologie. In Form von digitalen Sprachassistenten und Chatbots wie Alexa, Siri, Bixby, Watson und Co. begegnet man ihr mittlerweile sowohl im privaten als auch beruflichen Alltag. KI ist jedoch nicht nur en vogue, ihre wertschöpfende Bedeutung in der Industrieproduktion und industrienahen Dienstleistung nimmt stetig zu: die Anzahl der Unternehmen, die KI im Betrieb einsetzen, steigt, Deutschland verzeichnet immer mehr KI-Patente, und KI taucht immer häufiger in Geschäftsberichten und Stellenanzeigen auf (Bundesverband Digitale Wirtschaft (BVDW) e.V 2021). Der Einsatz von KI erstreckt sich über viele Branchen – von der Informations- und Kommunikations-



V. Wittphal, *Resilienz*, https://doi.org/10.1007/978-3-662-66057-7_12

technik (IKT) über Maschinen- und Fahrzeugbau bis hin zu Chemie und Pharmazie sowie Verkehr und Logistik (BMWi 2020; Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse und Informationssysteme IAIS 2018). Die Funktionsbereiche für den KI-Einsatz umfassen dabei neben Produktion und Dienstleistungserbringung unter anderem auch die Administration, das Marketing, den Vertrieb und den Einkauf (BMWi 2020). KI findet darüber hinaus zunehmend auch im Gesundheitssektor Anwendung, beispielsweise im Rahmen der Früherkennung von Erkrankungen wie Parkinson und Demenz, der Befundung von Blutbildern und radiologischen Bildaufnahmen, der medizinischen Eingriffsplanung sowie bei der Entwicklung intelligenter Prothesen (Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse und Informationssysteme IAIS 2018).

So gut wie jedes in der Praxis angekommene KI-System folgt zwei Bedingungen (Brooks 2021): Entweder, es ist immer noch ein Mensch die letzte Instanz im Entscheidungsprozess – oder aber die Kosten für Fehlentscheidungen sind so gering, dass man die KI urteilen lässt. Zu glauben, dass KI-Systeme irgendwann perfekt sein und in ihrem Entscheidungsprozess nie Fehler machen werden, ist eine Illusion. KI-Systeme werden wie alle anderen digitalen Systeme Fehler machen, immer! Wichtig ist, dies zu verstehen und von Anfang an konsequent in der Entwicklung von KI-Anwendungen zu berücksichtigen.

Ist man sich dessen bewusst, dann ist auch klar, dass nicht sorgsam entwickelte KI-Systeme mit hohen Risiken für Mensch und Gesellschaft, Infrastrukturen sowie Unternehmen einhergehen können. Wenn Siri einen falschen Songtitel abspielt, Google unpassende Werbung platziert oder Alexa ungeeignete Produkte zum Kaufen präsentiert, dann ist das ärgerlich, aber nicht weiter schlimm. Wenn jedoch Krankheiten diagnostiziert werden, die gar nicht bestehen, eine Anlage in der Produktion nicht heruntergefahren wird, obwohl eine Störung vorliegt oder ein autonom fahrendes Auto ein Stoppschild mit einem Vorfahrtsschild verwechselt, dann ist das eine gefährliche neue Dimension in der Technologieentwicklung. Zwischen „nicht so schlimm“ (im Fall von Alexa) und „hochgefährlich“ (beim autonomen Fahren) gibt es natürlich viele Graustufen.

KI-Algorithmen unterstützen heute schon in vielen Fällen bei der Entscheidungsfindung: Wie hoch muss das Strafmaß in einem Gerichtsverfahren ausfallen? Welcher Bewerber wird zum Einstellungsgespräch eingeladen? Welche Investments lohnen sich am besten für die Altersvorsorge? Welcher Kindergarten oder welche Schule ist die richtige für unser Kind? Wer erhält einen Kredit?

Beim Einsatz von KI in solchen tief in unser Leben eingreifenden Prozessen ebenso wie in sicherheitskritischen Bereichen der Produktion ist grundsätzlich sicherzustellen, dass ihre Güte und ihre Leistung ausreichend und konstant sind (vgl. Abb. 12.1 „genau“ und „robust“). Auch sollten die von einer KI ausgegebenen Ergebnisse konsistent und zuverlässig sein (vgl. Abb. 12.1). Dafür muss die KI in erster Linie widerstandsfähig gegenüber Fehlern, Ausfällen und Extremsituationen sein (vgl. Abb. 12.1 „sicher“).

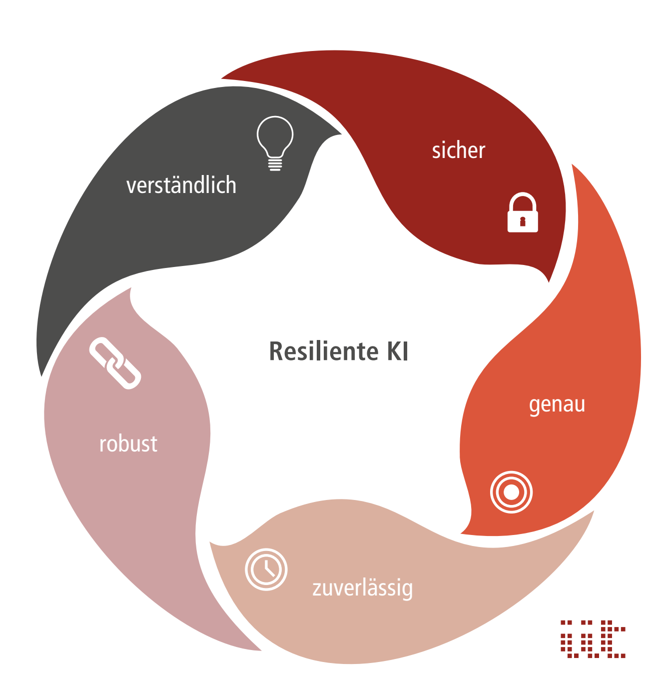


Abb. 12.1 Die unterschiedlichen Anforderungen an resiliente KI schließen neben grundlegenden technischen Aspekten wie Robustheit, Sicherheit, Genauigkeit und Zuverlässigkeit auch Aspekte wie die Verständlichkeit bzw. Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse ein, die sich auf techno-soziologische Fragen wie die der Akzeptanz und des Vertrauens auswirken. (Quelle: Institut für Innovation und Technik (iit), eigene Darstellung)

Dies schließt sowohl unwillkürliche Prozesse bzw. Abläufe im Inneren der KI, den Algorithmen, als auch willkürliche Angriffe auf die KI von außen ein. All diese Anforderungen zusammengenommen prägen den Begriff „resiliente KI" (engl. resilient AI) aus einer rein technologischen Sicht.

Das Gesamtkonzept einer resilienten KI schließt darüber hinaus aber auch soziotechnische Aspekte wie Fragen der Akzeptanz und des Vertrauens ein (Eigner et al. 2021). Hier geht es um Verständlichkeit und Nachvollziehbarkeit der errechneten Entscheidungen (vgl. Abb. 12.1 „verständlich"). Da es sich bei KI-Anwendungen in der Regel um Systeme aus Soft- und gegebenenfalls Hardware handelt (Independent High Level Expert Group on Artificial Intelligence 2019) beziehungsweise die KI in informationstechnische (IT) Systeme eingebettet wird, kann das Konzept „resiliente KI" (vgl. Abb. 12.1) sich auch auf das Gesamtsystem beziehen und Aspekte wie resiliente Architektur, resilientes Softwaredesign oder IT-Resilienz einschließen. Im Zuge der Covid-19 Krise hat sich herausgestellt, dass gegenwärtige KI-Anwendungen

allein auf der technologischen Ebene noch nicht immer so ausgereift sind, dass sie den Kriterien für Resilienz standhalten könnten. Dies liegt vor allem daran, dass die Frage, wie sich resiliente KI-Kerne designen, umsetzen und überprüfen lassen noch nicht hinreichend beantwortet ist.

Exemplarische Defizite von KI-Anwendungen in der Praxis und ihre Ursachen

Die Leistungsfähigkeit von KI-Systemen ist in realen, praxisorientierten Einsatzszenarien nicht selten unzureichend oder noch eingeschränkt. Dies zeigt sich insbesondere in medizinisch-diagnostischen und -prognostischen Anwendungen, die im Laufe der Corona-Pandemie entwickelt wurden. Eine systematische Analyse[1] von mehr als 200 Anwendungen kommt zu dem Schluss, dass keine einzige der erfassten KI-Anwendungen wirklich hilft und dass manche sogar potentiell schädlich sind (Wynants et al. 2020). Eine andere Studie, die die Leistungsfähigkeit von Bildanalyseverfahren untersucht hat, kommt zu einem ähnlichen Fazit (Roberts et al. 2021). Trotz der umfangreichen Bemühungen weltweit und des anfänglich bestehenden Optimismus, existiert bis heute kaum ein System, das in der Praxis zuverlässig eine Covid-19 Erkrankung erkennen sowie die Schwere der Erkrankung einstufen könnte. Übergeordnete Ziele wie die Verbesserung der Triage von Patienten wurden daher in der Praxis bislang nicht erreicht (Heaven 2021; Wynants et al. 2020). Auch in anderen Bereichen der KI-gestützten medizinischen Bildanalyse hat sich mittlerweile Ernüchterung eingestellt. Eine kürzlich veröffentlichte Studie kommt zu dem Ergebnis, dass 34 von 36 untersuchten KI-Systemen Brustkrebs mit geringerer Treffsicherheit detektieren als Radiologen (Freeman et al. 2021).

Ein gemeinsames Ergebnis der hier angeführten Studien ist, dass die unzureichende Leistungsfähigkeit in der Praxis nicht darauf zurückzuführen ist, dass KI-Algorithmen technologisch noch nicht ausgereift sind. Sondern – und das ist besorgniserregend mit Blick auf das breite Anwendungsspektrum von KI – Ursache sind Defizite im Design- und Entwicklungsprozess der Anwendungen. Dazu zählen Defizite oder Nachlässigkeiten bei der Auswahl der Datengrundlage, der Modellerstellung und dem Trainieren des Modells sowie der Modellbewertung und Interpretation der Modellergebnisse. Die Schwachstelle ist dann nicht die Technik an sich, sondern der Mensch, der sie nicht richtig einsetzt! So sagt beispielsweise eine KI-Anwendung, die auf Basis der Bildaufnahmen von liegenden und stehenden Patienten trainiert wurde, fälschlicherweise das Covid-19 Risiko anhand der Position der Patienten voraus – weil es wahrscheinlicher ist, dass liegende Patienten schwerer erkrankt sind. Ein weiteres Defizit von KI-Anwendungen kann eine unzureichende oder fehlende externe Validierung nach dem initialen Trainieren anhand einer im Hinblick auf Größe und Zusammensetzung gut ausgewählten zweiten unabhängigen

[1] *Die Analyse wird bis heute fortgesetzt und die Ergebnisse werden regelmäßig aktualisiert (COVID Precise o. J.).*

Patientenkohorte sein. Dies ist wichtig, um die Leistungsfähigkeit der Anwendung sicher generalisieren zu können. Denn in der Praxis muss sie für alle Patienten zuverlässige Ergebnisse liefern, nicht nur für die Subkohorte, anhand der sie trainiert wurde.

Ein Schwachpunkt von KI-Anwendungen kann zudem sein, dass sie nicht resilient gegenüber kleinen Änderungen beziehungsweise Störungen der Eingabedaten sind. Die KI-Bewertung einer Bildaufnahme, die zur Diagnose einer Erkrankung führt, sollte auch im Falle einer kleinen Änderung zum selben Ergebnis kommen. Das ist in der Praxis aber nicht immer der Fall. Ein Beispiel dafür sind KI-Modelle für die Detektion von Augenerkrankungen, die bereits versagen, wenn die Kameralinse bei der Bildaufnahme kleine Staubflecken aufweist (Sambasivan 2022). Tatsächlich hat sich gezeigt, dass einige KI-Modelle, darunter neuronale Netze, sehr anfällig für kleine absichtlich in die Eingabedaten eingefügte Änderungen sind (engl. adversarial examples) und in Folge dessen mit hoher Konfidenz inkorrekte Ergebnisse ausgeben (Goodfellow et al. 2014). Ein weithin bekanntes Beispiel dafür aus dem nicht-medizinischen Bereich ist die minimale Manipulation der Pixel von Bildern, die Verkehrsschilder zeigen. Die für das menschliche Auge nicht wahrnehmbare Veränderung bringt den KI-Algorithmus dazu, ein Stoppschild mit sehr hoher Konfidenz als Vorfahrtsschild zu klassifizieren.

Die Covid-19 Pandemie hat bewusst gemacht, dass es generell einen Kompromiss zwischen Effizienz und Resilienz gibt (Vardi 2020). Während die Effizienz eine optimale Anpassung an eine bestehende Umgebung anstrebt, setzt Resilienz die Fähigkeit zur Anpassung an eine sich ändernde Umgebung voraus. Da das Augenmerk beim Design von Rechenvorschriften bisher nahezu einzig und allein auf ihrer Effizienz liegt, fehlt es Algorithmen oft an der notwendigen Resilienz. Dies lässt sich auf KI-Algorithmen und KI-Modelle übertragen. Letztere werden gegenwärtig oft im Übermaß auf Genauigkeit und Präzision getrimmt. Dabei ist eine Genauigkeit von 100 Prozent oft gar nicht erforderlich, um KI gewinnbringend nutzen zu können. Im Gegenteil – häufig ist es äußerst kostspielig, die Genauigkeit um wenige Prozentpunkte anzuheben und steht in keinem Verhältnis zum Gewinn (Kesari 2021). Wissenschaftliche Untersuchungen zeigen zudem, dass eine Genauigkeit von 100 Prozent sogar schädlich sein und die Vorhersagekraft von KI-Modellen schwächen kann (Valverde-Albacete und Peláez-Moreno 2014). Kurz um: KI-Anwendungen werden gegebenenfalls auf ein Ziel hin optimiert, dass sowohl ihre Leistungsfähigkeit als auch ihre Resilienz einschränkt. Die resilienteste Anwendung ist nicht zwingend jene mit der höchsten Genauigkeit oder Präzision.

Aktuelle KI-Entwicklungen

Zahlreiche Beispiele für das Versagen von KI-Systemen in der Praxis (Finlay 2021) werfen die Frage auf, welche Gegenmaßnahmen ergriffen werden können. Analysen zeigen auch, dass gegenwärtig 87 Prozent aller KI-Projekte am Ende nicht in der Praxis ankommen. Obwohl es dafür durchaus auch anders geartete Gründe gibt,

spielt eine unzureichende Resilienz der entwickelten Anwendungen eine übergeordnete Rolle (Brock und Wangenheim 2019).

Oftmals erfüllen die zur Entwicklung des Systems verwendeten Trainingsdaten nicht die für die Anwendung notwendigen Qualitätsanforderungen. Letztere sind für viele Einsatzbereiche vor allem in der Produktion noch gar nicht wirklich definiert, geschweige denn quantifizierbar. Derzeitige Forschungsaktivitäten streben hier die Entwicklung von Test Kits an, mit denen die Datenqualität anwendungsunabhängig bewertet werden kann[2]. Teilweise gibt es schon Werkzeuge, darunter das „Data Quality for AI Toolkit“ (IBM Developer 2020) und das „AI Fairness 360 Open Source Toolkit“ (IBM Research Trusted AI 2022) von IBM. Der Resilienz von KI-Systemen hilft dies jedoch erst dann, wenn derartige Metriken in ein ganzheitliches Qualitätsmanagement eingebettet sind. Bislang ruhen viele Hoffnungen darauf, KI zur Qualitätskontrolle in Produktionsprozessen nutzen zu können. Nach und nach wird jedoch deutlich, dass auch der Entwicklungszyklus eines KI-Systems selbst eines speziell darauf zugeschnittenen Qualitätsmanagements bedarf[3]. Gleichzeitig fördert die Definition eines speziellen Qualitätsmanagements ganz allgemein auch die Etablierung einer dezidierten KI-Regulatorik, wie sie derzeit ebenfalls angestrebt wird[4]. Ein stringentes Qualitätsmanagement über den gesamten Lebenszyklus muss folglich zwingend die Resilienz von KI-Systemen erhöhen – was aktuell noch zu beweisen bleibt.

Eine allgemeine Problematik für das Qualitätsmanagement von KI-Anwendungen ergibt sich aus dem Umstand, dass es nicht anwendungsunabhängig definiert werden kann und in manchen Bereichen zusätzlich einer äußerst strengen Regulatorik unterliegt. Im Gesundheitsbereich ist diese besonders umfangreich und höchst komplex. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, richten derzeit viele KI-Forschungs- und Entwicklungsprojekte entsprechende Gremien ein, um sich systematisch mit Regelungen zu den Themen Standardisierung, Wirtschaftlichkeit und Abrechnung, Validierung und Zertifizierung, rechtliche Fragestellungen sowie erklärbare KI auseinanderzusetzen. Ergebnisse aus diesen Diskussionen werden dann in gemeinsame Plattformen publiziert, um sie möglichst weithin verfügbar und nutzbar zu machen.

Bei allen Anwendungsbereichen, in denen hohe Anforderungen an Sicherheit und Qualität gestellt werden, besteht die Notwendigkeit, die Resultate der eingesetzten intelligenten Analysealgorithmen im Sinne einer erklärbaren KI (Kraus et al. 2021)

[2] *Beispielsweise befasst sich das Projekt KITQAR (Denkfabrik Digitale Arbeitsgesellschaft 2022) mit Qualitätsstandards für Test- und Trainingsdaten.*

[3] *Die DIN SPEC 92001 soll deshalb ein Qualitäts-Metamodell etablieren, das alle wichtigen Qualitätsaspekte von KI enthält und miteinander in Verbindung bringt.*

[4] *Der derzeit in Brüssel verhandelte AI Act hat zum Ziel, Risiken beim Einsatz von KI zu reduzieren.*

stets nachvollziehbar zu gestalten: Es soll klar nachvollziehbar sein, aufgrund welcher Merkmale ein KI-Algorithmus eine bestimmte Entscheidung trifft oder zu einer Klassifizierung kommt. In entsprechenden Arbeiten wird auch untersucht und erprobt, welche Erklär-Modelle sich für unterschiedliche Szenarien am besten eignen. Zudem spielt hierbei eine Rolle, ob die Systeme völlig autonom Handlungsoptionen anstoßen sollen oder ob sie im Sinne eines Entscheidungsunterstützungssystems die Verantwortung und das Auslösen weiterer Handlungen einer übergeordneten (menschliche) Instanz überlassen. Letzteres ist vor allem im Gesundheits- und Pflegewesen relevant, da hier das medizinische und pflegerische Fachpersonal schlussendlich die Diagnose beziehungsweise Behandlung verantwortet.

Zu diesem Zweck werden aktuell in Forschungs- und Entwicklungsprojekten Konfidenzmaße herangezogen und den Nutzenden auch präsentiert. Diese Konfidenzmaße können Auskunft darüber geben, mit welcher Wahrscheinlichkeit das System eine bestimmte Aussage trifft. Das allein wird sicher nicht ausreichen, da KI-Systeme, wenn sie nicht resilient sind, sehr wohl falsche, manchmal fatale, Entscheidungen mit einer sehr hohen Konfidenz treffen. Dieser Aspekt ist für Angreiferinnen und Angreifer höchst verlockend, um mittels adversarial examples die KI zu täuschen. An möglichen Abwehrmechanismen wird derzeit mit Hochdruck geforscht (Ren et al. 2020). Alle diese Vorhaben eint die Idee, die angelernten Modelle robuster gegen Angriffe zu machen. So wird etwa versucht eine möglichst große Varianz innerhalb des Trainingsdatensatzes zu erzeugen, um auf diese Weise möglichst alle potenziellen adversarial examples abzudecken. Diese Strategie verursacht jedoch einen nicht unerheblichen Rechenaufwand, der im praktischen Einsatz kaum vertretbar ist. Zudem ist die Kausalitätskette, die innerhalb der KI-Systeme durch diese leichten Abänderungen in den Eingabedaten losgetreten wird, noch gar nicht in aller Tiefe durchdrungen.

Die Resilienz von KI-Systemen bemisst sich jedoch nicht nur anhand resilienter Algorithmen. Auch die verwendeten Hardwarekomponenten müssen eine gewisse Resilienz und Sicherheit aufweisen. Bei den Risiken unterscheidet man hier im Wesentlichen drei Gefahrengruppen: Fehlerhafte Produktion, Manipulationen von außen und Fälschungen. Derzeit wird die Entwicklung von Standards, Normen und Prozessen vom Entwurf bis hin zur Herstellung, Validierung und Zertifizierung mit Hochdruck vorangetrieben[5]. Die Hoffnung ist groß, dass diese Anstrengungen vertrauenswürdige und sichere Elektronikkomponenten und -systeme zum Ergebnis haben – und etwa auch die Produktion vertrauenswürdiger Chips ermöglichen: Neben neuartigen Methoden, Lösungen und Prozessen für das Design über die Herstellung bis zur Ana-

[5] *Beispielsweise befasst sich das Projekt Velektronik (Velektronik o. J.) mit der Etablierung einer Plattform für das Thema "vertrauenswürdige Elektronik".*

lyse und Prüfung der Elektronikkomponenten, steht auch die Entwicklung zukunftsfähiger und vertrauenswürdiger Prozessoren im Zentrum gegenwärtiger Forschungsaktivitäten, die auf spezifische Bedarfe resilienter Algorithmen zugeschnitten und hoch performant sind (BMBF 2021).

Handlungserfordernisse

Insgesamt lässt sich feststellen, dass trotz der aktuell vielversprechenden Entwicklungen im Bereich der KI, der Faktor Resilienz während der Konzeptionsphase, aber auch in der Entwicklungs- und Optimierungsphase noch eine untergeordnete Rolle spielt. Oftmals wird KI als probates Werkzeug angesehen, um etwa ein Unternehmen resilienter zu machen. Das trifft jedoch nur bedingt zu. Ohne resiliente KI-Algorithmen lässt sich keine Resilienz erzeugen.

Auch wird Resilienz aktuell noch nicht ausreichend in der Design- und Entwicklungsphase von KI-Anwendungen berücksichtigt beziehungsweise „mitgedacht". Dies liegt unter anderem daran, dass noch keine auf KI ausgerichtete Systematik oder Best Practice-Leitlinien existieren. Die Fragen, wie man KI-Anwendungen bzw. die ihr unterliegenden Modelle und Algorithmen resilienter macht und anhand welcher Indikatoren man erkennen kann, dass der Aspekt Resilienz berücksichtigt wurde, sind noch nicht ausreichend beantwortet. Aus den benannten Defiziten von KI-Anwendungen in der Praxis und ihren Ursachen, lassen sich aber mögliche Maßnahmen für die Design- und Entwicklungsphase ableiten, die als erste Orientierung dienen können (Abb. 12.2).

Seit Anbeginn der Digitalisierung hat es einige schwerwiegende Katastrophen gegeben, die allesamt auf numerische Ungenauigkeiten zurückgeführt werden konnten. Prominentestes Beispiel ist vermutlich die Selbstzerstörung einer Ariane 5 Rakete am 4. Juni 1996. Dieses und weitere schreckliche Ereignisse führten dazu, dass sich ein ganzes Forschungsfeld um die Entwicklung und Optimierung resilienter Algorithmen als Unterbereich der Numerik, gebildet hat. Glücklicherweise hat das Versagen von KI-Systemen bislang noch nicht zu ähnlich schwerwiegenden Katastrophen geführt. Dennoch sind Parallelen zu erkennen. Einige der längst entwickelten Metriken um beispielsweise das Vorhandensein von korrumpierten Daten zu überprüfen, würden sich prinzipiell auch für die Entwicklung resilienter KI-Systeme eignen (Grabowicz et al. 2019). Hier gilt es, speziell die Forschung zu numerischen Grundlagen für KI-Systeme zu fördern, um die Entwicklung von speziellen Resilienz-Maßen und -Metriken anzustoßen (Petrilli und Shing-hon 2019). Gleichzeitig ist bei datenbasierten Verfahren das Augenmerk auf die Anwendungsseite zu legen, da unterschiedliche Bereiche auch unterschiedliche Anforderungen an Resilienz haben.

Vorausschauende Planung

- Das Scheitern von KI-Anwendungen einplanen und potentielle Fehlerquellen antizipieren: Alle Systeme scheitern und Hoffnung ist keine Strategie.
- Vorausschauende Risikoanalyse bzw. Risikomanagement, z.B. Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)
- Einbau von Failover-Mechanismen

Qualitätsleitlinien und Standards 

- STARD 2015: Leitlinie für den Bericht über Studien zur diagnostischen Genauigkeit
- SPIRIT-AI, CONSORT-AI: Leitlinien für klinische Studien, die auch den Einsatz von KI einbeziehen
- Best Practices für Machine Learning im Chemiebereich

Best-Practices

- vorhandene Best-Practices aus der Softwareentwicklung berücksichtigen
- Verwendung etablierter Software-Entwurfsmuster (engl. design patterns)
- Verwendung von Code Maps, die die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Segmenten des Codes abbilden

Robustheit/Sicherheit

- Befähigung der KI-Anwendung sich nicht in die Irre leiten zu lassen, z.B. durch kleine Änderung der Eingabedaten (engl. adversarial robustness)
- Verwendung vorhandener Toolkits, z.B. Adversarial Robustness Toolkit (ART)



Abb. 12.2 Maßnahmen in der Design- und Entwicklungsphase (angelehnt an Gupta 2021 und Burciaga 2021). Die Details zu den Richtlinien STARD 2015 (Cohen et al. 2016), AI-SPIRIT (Cruz Rivera et al. 2020) sowie AI-CONSORT (Liu et al. 2020), zu der Best Practice aus dem Chemiebereich (Artrith et al. 2021) und dem ART-Toolkit (Nicolae et al. 2018) sind den entsprechenden Fachpublikationen zu entnehmen. (Quelle: eigene Darstellung)

Ausblick

Dem Einsatz von KI werden außerordentliche Entwicklungsmöglichkeiten in so gut wie allen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Bereichen zugeschrieben. Erste Erfolge versprechen, dass dieses Potenzial zu großen Teilen auch gehoben werden kann. KI ist aber letztlich nichts anderes als Automatisierung. Wir sollten aus den zurückliegenden Automatisierungswellen in der Technik lernen: Die Ironien der Automation (Bainbridge 1983) treffen nämlich auch auf den KI-Einsatz zu. Die wichtigste Ironie, die in allen Automatisierungswellen zu Tage trat, ist die, dass der Mensch primär als Fehlerquelle in technischen Prozessen angesehen wurde und sein fehlerhaftes Handeln daher am besten durch Automatisierung zu ersetzen sei. Diese Ansicht spiegelt sich auf vielfältige Weise auch in den Entwicklungen von KI-Anwendungen. Tatsächlich ist der Mensch nicht perfekt und in der Analyse tausender von Bildern einer KI unterlegen, und er ist auch generell schlecht im Auffinden von Korrelationen in komplexen und großen Datensätzen. Genau das macht KI heute sehr viel besser. Darin ist sie gut, nicht mehr, aber auch nicht weniger. Aufgrund von Korrelationen treffen KI-Systeme Entscheidungen – nicht selten die falschen. Die eigentliche Ironie dabei ist, dass die Entwicklerinnen und Entwickler von KI-Systemen Menschen sind. Von daher

sind Fehler von KI-Systemen, und damit ihre mangelnde Resilienz, im Kern Entwicklungsfehler, also menschliche Fehler.

In der zukünftigen KI-Entwicklung wird es entscheidend darauf ankommen, diese Fehler zu reduzieren. Viel entscheidender, als eine noch bessere Genauigkeit oder eine noch höhere Präzision zu erreichen. Doch genau hier liegt oft noch der Hauptfokus bei KI-Projekten. Bei genauem Hinsehen erscheint Resilienz jedoch mindestens so wichtig wie die Genauigkeit. Sorgsames Entwickeln und Trainieren sind dafür Grundvoraussetzungen. Und dafür braucht es klare Guidelines, die sowohl in anwendungsnahen Forschungsprojekten als auch in der Produktentwicklung von Anfang, Schritt für Schritt befolgt werden.

Es gab bereits zwei KI-Winter, in denen auf einen KI-Hype jeweils große Ernüchterung folgte. Das lag in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts oft noch an technologischen Einschränkungen. Die gibt es heute kaum noch. Der dritte KI-Winter steht allerdings bevor, wenn der rasche Fokuswechsel auf die Resilienz von KI-Anwendungen ausbleiben sollte.

Literatur

Artrith, Nongnuch; Butler, Keith T.; Coudert, François-Xavier; Han, Seungwu; Isayev, Olexandr; Jain, Anubhav; Walsh, Aron (2021): Best practices in machine learning for chemistry. In: Nat. Chem. 13 (6), S. 505–508. https://doi.org/10.1038/s41557-021-00716-z.

Bainbridge, Lisanne (1983): Ironies of automation. In: Automatica 19 (6), S. 775–779. https://doi.org/10.1016/0005-1098(83)90046-8.

Brock, Jürgen Kai-Uwe; Wangenheim, Florian von (2019): Demystifying AI: What Digital Transformation Leaders Can Teach You about Realistic Artificial Intelligence. In: California Management Review 61 (4), S. 110–134. https://doi.org/10.1177/1536504219865226.

Brooks, Rodney (2021): An Inconvenient Truth About AI. In: IEEE Spectrum, 29.09.2021. Online verfügbar unter https://spectrum.ieee.org/rodney-brooks-ai, zuletzt geprüft am 23.06.2022.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.) (2021): Vertrauenswürdige Elektronik. Forschung und Innovation für technologische Souveränität. Online verfügbar unter https://www.bmbf.de/SharedDocs/Publikationen/de/bmbf/5/138384_Vertrauenswuerdige_Elektronik.pdf?__blob=publicationFile&v=3, zuletzt geprüft am 22.06.2022.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Hrsg.) (2020): Einsatz von Künstlicher Intelligenz in der Deutschen Wirtschaft. Stand der KI-Nutzung im Jahr 2019. Online verfügbar unter https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Wirtschaft/einsatz-von-ki-deutsche-wirtschaft.pdf?__blob=publicationFile&v=8, zuletzt geprüft am 05.05.2022.

Bundesverband Digitale Wirtschaft (BVDW) e.V. (Hrsg.) (2021): KI-Monitor 2021. Status quo der Künstlichen Intelligenz in Deutschland (Gutachten). Online verfügbar unter https://

www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Gutachten/PDF/2021/KI_Monitor_Bericht_2021.pdf, zuletzt geprüft am 05.05.2022.

Burciaga, Aaron (2021): How To Build Responsible AI, Step 3: Resilience. Online verfügbar unter https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2021/12/20/how-to-build-responsible-ai-step-3-resilience/?sh=367a2bc47559, zuletzt aktualisiert am 20.12.2021, zuletzt geprüft am 05.05.2022.

Cohen, Jérémie F.; Korevaar, Daniël A.; Altman, Douglas G.; Bruns, David E.; Gatsonis, Constantine A.; Hooft, Lotty et al (2016): STARD 2015 guidelines for reporting diagnostic accuracy studies: explanation and elaboration. In: BMJ open 6 (11), e012799. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-012799.

COVID Precise (o. J.): Precise Risk Estimation to optimise COVID-19 Care for Infected or Suspected patients in diverse sEttings. Online verfügbar unter https://www.covprecise.org/, zuletzt geprüft am 23.06.2022.

Cruz Rivera, Samantha; Liu, Xiaoxuan; Chan, An-Wen; Denniston, Alastair K.; Calvert, Melanie J. (2020): Guidelines for clinical trial protocols for interventions involving artificial intelligence: the SPIRIT-AI extension. In: Nat Med 26 (9), S. 1351–1363. https://doi.org/10.1038/s41591-020-1037-7.

Denkfabrik Digitale Arbeitsgesellschaft (2022): KITQAR entwickelt Qualitätsstandards für KI-Test- und Trainingsdaten. Online verfügbar unter https://www.denkfabrik-bmas.de/schwerpunkte/kuenstliche-intelligenz/kitqar-entwickelt-qualitaetsstandards-fuer-ki-test-und-trainingsdaten, zuletzt geprüft am 23.06.2022.

Eigner, Oliver; Eresheim, Sebastian; Kieseberg, Peter; Klausner, Lukas Daniel; Pirker, Martin; Priebe, Torsten et al. (2021): Towards Resilient Artificial Intelligence: Survey and Research Issues. In: 2021 IEEE International Conference on Cyber Security and Resilience (CSR). 2021 IEEE International Conference on Cyber Security and Resilience (CSR). Rhodes, Greece, 26.07.2021 - 28.07.2021: IEEE, S. 536–542. Online verfügbar unter https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2109/2109.08904.pdf, zuletzt geprüft am 05.05.2022.

Finlay, Steven (2021): Artificial Intelligence and Machine Learning for Business. A No-Nonsense Guide to Data Driven Technologies. 4th New edition. Preston, GB: Relativistic; Kindle Direct Publishing (KDP).

Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse und Informationssysteme IAIS (Hrsg.) (2018): Künstliche Intelligenz in Deutschland. Ein systematischer Katalog von Anwendungen des maschinellen Lernens. Online verfügbar unter https://www.bigdata-ai.fraunhofer.de/content/dam/bigdata/de/documents/Publikationen/Studie_KI_in_De_20181107.pdf, zuletzt geprüft am 05.05.2022.

Freeman, Karoline; Geppert, Julia; Stinton, Chris; Todkill, Daniel; Johnson, Samantha; Clarke, Aileen; Taylor-Phillips, Sian (2021): Use of artificial intelligence for image analysis in breast cancer screening programmes: systematic review of test accuracy. In: BMJ 374, n1872. https://doi.org/10.1136/bmj.n1872.

Goodfellow, Ian J.; Shlens, Jonathon; Szegedy, Christian (2014): Explaining and Harnessing Adversarial Examples. Online verfügbar unter https://arxiv.org/pdf/1412.6572.

Grabowicz, Przemyslaw A.; Perello, Nicholas; Takatsu, Kenta (2019): Resilience of Supervised Learning Algorithms to Discriminatory Data Perturbations. Online verfügbar unter https://arxiv.org/pdf/1912.08189.

Gupta, Abhishek (2021): Building for Resiliency in AI Systems - Towards Data Science. Online verfügbar unter https://towardsdatascience.com/building-for-resiliency-in-ai-systems-24eed076d3d6, zuletzt geprüft am 05.05.2022.

Heaven, Will Douglas (2021): Hundreds of AI tools have been built to catch covid. None of them helped. Online verfügbar unter https://www-technologyreview-com.cdn.ampproject.org/c/s/www.technologyreview.com/2021/07/30/1030329/machine-learning-ai-failed-covid-hospital-diagnosis-pandemic/amp/, zuletzt geprüft am 05.05.2022.

IBM Developer (2020): IBM API Hub. Online verfügbar unter https://developer.ibm.com/apis/catalog/dataquality4ai--data-quality-for-ai/Introduction/, zuletzt geprüft am 23.06.2022.

IBM Research Trusted AI (2022): AI Fairness 360. Online verfügbar unter https://aif360.mybluemix.net/, zuletzt aktualisiert am 23.06.2022, zuletzt geprüft am 23.06.2022.

Independent High Level Expert Group on Artificial Intelligence (Hrsg.) (2019): A Definition of AI: Main Capabilities and Disciplines. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=56341., zuletzt geprüft am 05.05.2022.

Kesari, Ganes (2021): AI Accuracy Is Overrated: How Even A "Wrong" Model Can Transform Your Business. In: Forbes, 21.01.2021. Online verfügbar unter https://www.forbes.com/sites/ganeskesari/2021/01/21/accuracy-isnt-everything-how-even-a-wrong-ai-model-can-transform-your-business/?sh=447c1e1a7083, zuletzt geprüft am 23.06.2022.

Kraus, Tom; Ganschow, Lene; Eisenträger, Marlene; Wischmann, Steffen (2021): Erklärbare KI - Anforderungen, Anwendungsfälle und Lösungen. Hrsg. von Steffen Wischmann. Online verfügbar unter https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/KI-Inno/2021/Studie_Erklaerbare_KI.html, zuletzt geprüft am 13.08.2021.

Liu, Xiaoxuan; Cruz Rivera, Samantha; Moher, David; Calvert, Melanie J.; Denniston, Alastair K. (2020): Reporting guidelines for clinical trial reports for interventions involving artificial intelligence: the CONSORT-AI extension. In: Nat Med 26 (9), S. 1364–1374. https://doi.org/10.1038/s41591-020-1034-x.

Nicolae, Maria-Irina; Sinn, Mathieu; Tran, Minh Ngoc; Buesser, Beat; Rawat, Ambrish; Wistuba, Martin et al (2018): Adversarial Robustness Toolbox v1.0.0. Online verfügbar unter https://arxiv.org/pdf/1807.01069.pdf, zuletzt geprüft am 05.05.2022.

Petrilli, Alexander; Shing-hon, Lau (2019): Measuring Resilience in Artificial Intelligence and Machine Learning Systems. Carnegie Mellon Software Engineering Institute (Carnegie Mellon University's Software Engineering Institute Blog). Online verfügbar unter http://insights.sei.cmu.edu/blog/measuring-resilience-in-artificial-intelligence-and-machine-learning-systems/, zuletzt geprüft am 06.05.2022.

Ren, Kui; Zheng, Tianhang; Qin, Zhan; Liu, Xue (2020): Adversarial Attacks and Defenses in Deep Learning. In: Engineering 6 (3), S. 346–360. https://doi.org/10.1016/j.eng.2019.12.012.

Roberts, Michael; Driggs, Derek; Thorpe, Matthew; Gilbey, Julian; Yeung, Michael; Ursprung, Stephan et al (2021): Common pitfalls and recommendations for using machine learning to detect and prognosticate for COVID-19 using chest radiographs and CT scans. In: Nat Mach Intell 3 (3), S. 199–217. https://doi.org/10.1038/s42256-021-00307-0.

Sambasivan, Nithya (2022): All equation, no human: the myopia of AI models. In: Interactions 29 (2), S. 78–80. https://doi.org/10.1145/3516515.

Valverde-Albacete, Francisco J.; Peláez-Moreno, Carmen (2014): 100% classification accuracy considered harmful: the normalized information transfer factor explains the accuracy paradox. In: PloS one 9 (1), e84217. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0084217.

Vardi, Moshe Y. (2020): Efficiency vs. resilience. In: Commun. ACM 63 (5), S. 9. https://doi.org/10.1145/3388890.

Velektronik (o. J.): Die Plattform für vertrauenswürdige Elektronik. Online verfügbar unter https://www.velektronik.de/, zuletzt geprüft am 23.06.2022.

Wynants, Laure; van Calster, Ben; Collins, Gary S.; Riley, Richard D.; Heinze, Georg; Schuit, Ewoud et al (2020): Prediction models for diagnosis and prognosis of covid-19: systematic review and critical appraisal. In: BMJ 369, m1328. https://doi.org/10.1136/bmj.m1328.



13 Resilienz von Bildungssystemen: Wie Digitalisierung zur Sicherung des Bildungserfolgs beitragen kann

Arno Wilhelm-Weidner, Uwe Rotter

In der nun schon mehr als zwei Jahre andauernden Corona-Krise lässt sich sozusagen unter dem Mikroskop beobachten, wie die mit den Auswirkungen der Pandemie einhergehenden extremen Stressbelastungen auf die Bildungssysteme in Deutschland einwirken, welche Schwachstellen sich zeigen und welche Maßnahmen nötig sind, um sie resilienter gegen Störungen zu machen. Welche Lehren halten die Pandemie-Erfahrungen bereit und wie können digitale Medien und Techniken dazu beitragen, unser Bildungssystem insgesamt und uns als Lernende individuell krisenfester zu machen?

„Bei Bildung geht es nicht mehr nur darum, den Lernenden etwas beizubringen; wichtiger ist, sie zur Entwicklung eines verlässlichen Kompasses und von Navigationsinstrumenten zu befähigen, damit sie in einer zunehmend komplexen, unbeständigen und ungewissen Welt ihren eigenen Weg finden können." So formulierte es Andreas Schleicher, Direktor des OECD-Direktorats Bildung und Kompetenzen (Bertelsmann Stiftung et al. 2020). Er definiert so mit wenigen Worten Resilienz der oder des Einzelnen gegenüber Veränderungen als Bildungsziel. Aber auch die Bildungssysteme müssen resilient sein, damit sie in Krisen funktionieren und bestenfalls sogar gestärkt aus ihnen hervorgehen.

Die Corona-Krise hat unsere Bildungssysteme auf die Probe gestellt, und zwar auf allen Ebenen. Angefangen bei den Lernenden, die mit völlig veränderten Strukturen und einem stark eingeschränkten sozialen Beziehungsgefüge umgehen mussten. Die Lehrenden waren gefordert, irgendwie ein Minimum an Lernstruktur aufrecht zu erhalten. Und nicht zuletzt wurden die Bildungsverwaltungen von der Pandemie auf die Probe gestellt. Um die Not zu wenden, mussten sie plötzlich der Digitalisierung oberste Priorität geben.

Inzwischen liegen mehr als zwei Jahre Krisen-Erfahrung vor. Ganz offensichtlich ist, dass die Digitalisierung in den Bildungssystemen einen Schub erfahren hat. Allerdings stellt sich die Frage: Sind die Bildungssysteme nun gewappnet für weitere Krisen?



V. Wittphal, *Resilienz*, https://doi.org/10.1007/978-3-662-66057-7_13

Bildung und Bildungssysteme aus individueller und gesellschaftlicher Perspektive

Um die Resilienz von Bildungssystemen beurteilen zu können, hilft es, sich die Ziele von Bildung vor Augen zu führen. Aus individueller Sicht steht in unseren formalen Bildungssystemen die Vorbereitung auf Abschlüsse, wie zum Beispiel die Mittlere Reife, eine abgeschlossene Berufsausbildung oder einen Studienabschluss im Vordergrund. Damit ist häufig das Aneignen von Wissen und das Bestehen von wissensbasierten Prüfungen verbunden. Doch genügt das, um auf das Leben vorbereitet zu sein?

Laut dem OECD Lernkompass 2030 (Bertelsmann Stiftung et al. 2020) ist fachspezifisches Wissen zwar immer noch eine wichtige Basis. Darüber hinaus bedarf es aber anderer Arten von Wissen und Kompetenzen, um gemeinsam mit anderen komplexe Probleme lösen zu können. Dazu gehören beispielsweise interdisziplinäres Wissen und die Fähigkeit, logische Zusammenhänge zu erkennen. Bei mittel- und langfristigen Zielen ist die Fähigkeit gefragt, Prozesse zu gestalten und erfolgreich zu moderieren. Je komplexer eine Aufgabe ist, desto größer ist die Anzahl der Personen, die bei der Lösung beteiligt werden müssen. Das Arbeiten in Teams und deren Koordination erfordert neben prozeduralen Fähigkeiten vor allem ein hohes Maß an Sozialkompetenz.

Lesen, Schreiben und Rechnen sind zwar auch weiterhin grundlegende, essenzielle Fertigkeiten. Die konkreten Bedürfnisse verändern sich aber mit den sich wandelnden spezifischen Anforderungen einer sich dynamisch entwickelnden Welt. So hat inzwischen die Interaktion mit digitalen Geräten einen sehr hohen Stellenwert bekommen. Das Lesen von geschriebenen Texten verliert zu Gunsten von Video-Formaten an Bedeutung.

Bildung in einer zunehmend digitalisierten Gesellschaft muss diese Entwicklungen aufgreifen. Digitalkompetenz bedeutet allerdings deutlich mehr, als digitale Medien nur handhaben zu können. Bildungsziel muss sein, die Lernenden zu befähigen, digitale Medien kompetent, mündig und selbstgesteuert zu nutzen. Die verbreitete Bezeichnung junger Generationen als „Digital Natives" bezieht sich zum Teil auch mit Bewunderung auf diese technisch ausgeprägten Kompetenzen im Umgang mit neuen Medien. Angesichts der Tatsache, dass viele Menschen dabei grundlegende Prinzipien des Datenschutzes außer Acht lassen und freiwillig große Mengen persönlicher Daten freigeben, drängt sich eher der Begriff „Digital Naked" auf.

Bildung in der digitalen Welt (Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland 2016) ist deshalb deutlich mehr, als die Digitalisierung bestehender Didaktiken. In erster Linie ist hier die neue Dimension der Verfügbarkeit von Informationen zu nennen. Über das Internet und andere digitale Medien ist Wissen in gigantischem Ausmaß verfügbar. Gesellschaftlich relevant ist auch, dass sich die Art und Weise, wie wir miteinander kommunizieren, besonders in den letzten zwei Jahrzehnten radikal verändert hat. Bezeichnenderweise wird immer häufiger von „Bildung unter Bedingungen der Digitalität" gesprochen (Krommer 2019).

Bildungssysteme müssen also mehr leisten, als die Lernenden auf einen Abschluss vorzubereiten. Vielmehr geht es um deren Rolle in der Gesellschaft. Gleichzeitig verändert sich unsere Gesellschaft immer schneller. Globalisierung und Digitalisierung eröffnen neue Chancen, konfrontieren uns aber auch mit neuen, teils völlig unbekannten Herausforderungen. Der Weltklimarat IPCC warnt seit Jahren vor dramatischen Auswirkungen der Klimakrise (Pörtner et al. 2022), der Weltbiodiversitätsrat IPBES warnt vor einem zunehmenden Aussterben von Tier- und Pflanzenarten (IPBES 2019), mit gravierenden Umbrüchen und Auswirkungen auch auf das menschliche Leben. Und als wäre das nicht genug, zerstören auch Kriege und Konflikte Leben und Lebensgrundlagen, verlangen Anpassung und Veränderung, verstärken den Strom flüchtender Menschen auf der Welt. So ist auch die Corona-Krise bislang einzigartig in ihrem globalen Ausmaß.

Der kompetente Umgang mit sich wandelnden Lebensbedingungen wird zu einem zentralen notwendigen Faktor in der Gesellschaft. Dabei geht es weniger darum, widrige Bedingungen zu ertragen, sondern proaktiv negative Veränderungen zu minimieren und positive Veränderungen als solche wahrzunehmen und zu gestalten. Um diesem Wandel gerecht zu werden, muss Bildung daher als wichtiges Ziel die Vermittlung von Gestaltungskompetenz beinhalten. Mit Gestaltungskompetenz wird nach (Haan 2008) die Fähigkeit bezeichnet, Wissen über nachhaltige Entwicklung anzuwenden und Probleme nicht nachhaltiger Entwicklung zu erkennen. Das heißt konkret, aus Gegenwartsanalysen und Zukunftsstudien Schlussfolgerungen über ökologische, ökonomische und soziale Entwicklungen in ihrer wechselseitigen Abhängigkeit ziehen zu können und darauf basierende Entscheidungen zu treffen, zu verstehen und umzusetzen, mit denen sich nachhaltige Entwicklungsprozesse verwirklichen lassen.

Sand im Kopf – Störungen im Bildungsbetrieb

Sind unsere Bildungssysteme aber überhaupt so gestaltet, dass sie ihren Bildungsauftrag unter diesen neuen Rahmenbedingungen bestmöglich erfüllen können? Welche Hindernisse gilt es zu überwinden? Über so radikale Veränderungen wie sie Pandemie und Krieg verursachen hinaus gibt es zahlreiche weitere störende Einflüsse auf Bildungsprozesse. Vier Beispiele:

Personalmangel

In erster Linie ist hier der bestehende Mangel an Lehrkräften zu nennen (Verband Bildung und Erziehung 2022). Unterstützung der Lehrkräfte durch weiteres Personal, beispielsweise für die Einführung und Betreuung von digitaler Infrastruktur ist meistens gar nicht vorgesehen. Häufig bekommen Lehrkräfte lediglich ein paar Abordnungs-Stunden, um den IT-Support an ihrer Schule zu bewerkstelligen. Professionelle Unterstützung gibt es viel zu wenig. Unprofessionelle und veraltete Strukturen verstärken den Personalmangel, weil der Beruf der Lehrerin oder des Lehrers an Attraktivität verliert (Spiegel 2019) – vor allem für Menschen mit Gestaltungswillen.

Mangelnde Chancengleichheit

In Deutschland ist der Zusammenhang zwischen sozio-ökonomischer Herkunft und Bildungserfolg besonders groß. Das ist nicht nur für die betroffenen Lernenden ungerecht, weil sie daran gehindert werden, ihre Potentiale zu entfalten. Auch gesellschaftlich ist das äußerst problematisch, weil es soziale Spannung verstärkt und der Zusammenhalt der Gesellschaft gefährdet wird. Abgesehen davon wäre der Mangel an Fachkräften nicht so groß, wenn mehr Menschen höhere Bildungsabschlüsse erreichen würden. Digitalisierung kann helfen, die Ungleichheit zu verringern (Klein 2021).

Veraltete Prüfungskultur

In Curricula wird vielfach die Orientierung an Kompetenzen thematisiert. Auch Softskills wie die 4K-Zukunftskompetenzen der Initiative P21 (Pfiffner et al. 2021) werden gefordert: Kommunikation, Kollaboration, Kreativität und kritisches Denken. In der Bildungspraxis wird aber allenfalls ein Teil davon umgesetzt. Bewertet und überprüft wird letztlich doch meist der Wissensstand der Lernenden (pruefungskultur.de o. J.). Die eigentlich zur Verfügung stehenden Freiräume für pädagogisch und didaktisch ansprechende Lernarrangements werden zu wenig genutzt (vergl. Abb. 13.2).

Mangel an digitaler Bildung

Die Erkenntnis, dass digitale Bildung notwendig ist, ist alles andere als neu. Bereits 1984 wurde die Gesellschaft für Medienpädagogik und Kommunikationskultur (GMK) gegründet (GMK o. J.). Im Zuge der zunehmenden Digitalisierung wurde auch der Staat aktiv. Auf Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und der Deutschen Telekom entstand 1996 der Verein „Schulen ans Netz e. V." (Köpcke 2016). Dessen zehnjähriges Bestehen wurde noch groß gefeiert (Schulen ans Netz e. V. 2006). Die Freude währte jedoch nicht lang; die Auflösung des Vereins im Jahr 2012 ist symptomatisch für unser schulisches Bildungssystem. Bedingt durch das im Grundgesetz festgeschriebene Kooperationsverbot zog sich zunächst das BMBF aus der Förderung zurück, dann auch die Telekom (Ziegler 2007). Ein Aufschrei in der Schulwelt wäre zu erwarten gewesen, blieb aus, möglicherweise, weil in der pädagogischen Praxis digitale Bildung weiterhin eine untergeordnete Rolle spielte. Zwar gab es den positiven Trend, digitale Medien in den pädagogischen Alltag zu integrieren, alles in allem jedoch auf niedrigem Niveau. Das hat sich mit der Corona-Krise geändert.

Erfahrungen aus der Corona-Krise

Mit dem ersten Lock-Down im März 2020 mussten Schülerinnen und Schüler, aber auch Studierende plötzlich von zuhause aus lernen. Viele Bildungseinrichtungen waren mit dieser Situation überfordert und konnten allenfalls einen minimalen Notbetrieb aufrechterhalten. Dabei hätte es anders kommen können. Zum Zeitpunkt

März 2020 existierte bereits ein großes Füllhorn an Fördergeldern für digitale Infrastruktur, und zwar der Digitalpakt Schule. Allerdings waren von den zur Verfügung stehenden fünf Milliarden Euro zum 30. Juni 2020 gerade einmal 16 Millionen abgerufen worden, während gleichzeitig die mangelnde technische Ausstattung bei Lehrenden und Lernenden bemängelt wurde. Dieses Paradoxon erklärt sich zum Teil aus den Förderauflagen, die von den Schulen nur schwer erfüllt werden konnten. Weitere 242 Millionen waren darüber hinaus bereits beantragt. Aber auch ein Jahr später, am 30. Juni 2021, waren insgesamt erst 189 Millionen abgerufen (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2022). Warum eine solch schleppende Umsetzung?

In Zeiten der Pandemie wäre eigentlich zu erwarten gewesen, dass nun im großen Stil in digitale Infrastruktur investiert würde. Die Vergabe der Förderung war und ist jedoch an umfangreiche Auflagen gebunden. Schulen und Schulträger mussten belegen, dass sie einen Plan hatten, wofür genau die Mittel eingesetzt werden sollten und wer sich dauerhaft um die Technik kümmern würde. Solche Auflagen sind im Hinblick auf einen zielführenden Einsatz der Mittel sinnvoll. Für diejenigen allerdings, die sich bislang gar nicht oder nur unzureichend mit der Digitalisierung in der Bildung beschäftigt hatten, waren diese Auflagen eine große Hürde.

Gleichzeitig fehlten Unterstützungsstrukturen. Zum Beispiel Personen, die die Geräte verwalten, warten und bestenfalls auch die Lehrenden mit didaktischen Tipps zur sinnvollen Einbindung der Geräte beraten können. Häufig wurden Schulen mit mittelständischen Unternehmen verglichen, die in den allermeisten Fällen jedoch deutlich besser mit geschultem Personal ausgestattet sind und auf eine schon funktionstüchtige IT-Infrastruktur aufbauen können. Bei Schulen war und ist hier noch erheblicher Nachholbedarf.

Erschwerend kam zu Beginn der Corona-Krise hinzu, dass Lehrkräfte bis dahin vielfach keine oder nur unzureichende Kompetenzen in der pädagogischen Nutzung von digitalen Medien hatten. Angesichts der Tatsache, dass seit Jahrzehnten der Handlungsbedarf bekannt ist, sind die Ergebnisse des „Monitor Lehrerbildung" (Monitor Lehrerbildung 2021) alarmierend: noch im Frühjahr 2020 beinhalteten lediglich ca. 20 Prozent aller Lehramtsstudiengänge verpflichtende Lehrveranstaltungen zur digitalen Medienkompetenz.

Deshalb verwundert es nicht, dass insbesondere im Rahmen des ersten Lockdowns eine Vielzahl von Problemen auftraten:

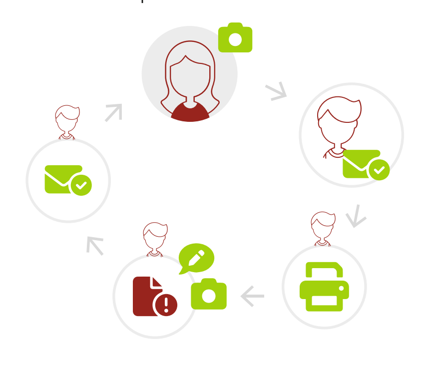
- Der Kontakt zu Schülerinnen und Schülern wurde digital nur sehr eingeschränkt aufrechterhalten.
- Schüler und Schülerinnen aus benachteiligten Haushalten wurden teilweise gar nicht mehr erreicht und die bestehende Bildungsungerechtigkeit somit weiter verstärkt.

Beispiel A:

Etablierte Lehrmethoden lediglich digitalisiert, die Potentiale digitaler Bildung werden nicht genutzt

› Lehrkraft fotografiert Arbeitsblatt und versendet es per E-Mail

› Schüler:in druckt es aus, füllt es händisch aus, fotografiert das ausgefüllte Arbeitsblatt und versendet es per E-Mail an die Lehrkraft



Beispiel B:

Lerninhalte werden kollaborativ erarbeitet, die Rolle der Lehrkraft wandelt sich zum Lerncoach

› Schüler:innen arbeiten kollaborativ von verschiedenen Computern aus an einem gemeinsamen Dokument in einer Cloud, fügen Texte und Grafiken ein.

› Lehrkraft als Lernbegleiter:in im Hintergrund.



Abb. 13.1 Potentiale digitaler Bildung nicht immer genutzt. (Quelle: Institut für Innovation und Technik (iit), eigene Darstellung)

- Digitale Lernumgebungen standen nicht in ausreichender Menge zur Verfügung.
- Vielfach waren bestehende Online-Lernplattformen mit der Masse an Zugriffen überfordert.
- Digitale Lernumgebungen wurden in nicht datenschutzkonformer Weise genutzt.
- Die didaktischen Potentiale digitaler Lernumgebungen wurden nicht angemessen genutzt. Vielfach wurden bestehende didaktische Konzepte einfach „digitalisiert".

Es wurde und wird viel darüber geschrieben, dass Bildungschancen während der Pandemie verpasst wurden, weil der Unterricht in großem Umfang ausfiel. Ludger Wößmann, Leiter des ifo Zentrums für Bildungsökonomik, stellte Berechnungen vor, wonach sich so entstehende Lücken voraussichtlich langfristig durch Einbußen im Einkommen niederschlagen werden (Woessmann 2020). Andererseits benennt kaum jemand die Kompetenzen, die zwangsläufig durch die Umstellungen auf Fernunterricht erworben wurden. In erster Linie sind das sicherlich Kompetenzen im Umgang mit digitalen Medien. Zu erwarten ist aber auch, dass Lernende im Bereich Selbstorganisation dazugelernt haben. Hierzu wäre mehr Forschung wünschenswert, wobei man die Bereiche Schule und Hochschule getrennt betrachten müsste.

Was sich auch gezeigt hat: Bildungsinstitutionen, die bereits in ihre Arbeit integrierte Vorerfahrungen mit digitalen Bildungsmedien hatten, meisterten die Krise deutlich besser (OECD 2021b). Ein Beispiel hierfür ist die Alemannenschule in Wutöschingen, die ein seit Jahren bewährtes pädagogisches Konzept hat, das die Digitalisierung als wichtigen Baustein integriert (wissensschule.de 2021).

Im Laufe der Pandemie hat die Digitalisierung einen deutlichen Schub erfahren. Dadurch hat sie zur Krisenbewältigung beigetragen. Gleichzeit muss jedoch festgehalten werden, dass bei vermehrter Nutzung digitaler Medien nur in geringem Maße die entsprechenden didaktischen Konzepte angewendet wurden (Abb. 13.1). Meist wurden bestehende Konzepte einfach ins Digitale übertragen. (acatech und Joachim Herz Stiftung 2022)

Maßnahmen zur Stärkung der Resilienz

In Anbetracht der Krisenerfahrungen stellen sich Fragen: Welche Maßnahmen werden für das deutsche Bildungssystem benötigt, um es resilienter und damit krisenfester zu machen und den Lernerfolg aufrecht erhalten zu können, auch dann, wenn sich die Rahmenbedingungen ändern? Was muss getan werden, damit erfolgreiches Lernen durch das Bildungssystem flexibel und niederschwellig auf unterschiedlichsten und zunehmend weniger standardisierten Lebenswegen ermöglicht wird? Und schließlich: Welche Rolle kann und soll die Digitalisierung dabei spielen?

Individuellere Lernbegleitung und Methodenvielfalt

Ein wichtiger Grundbaustein, um Resilienz und Gestaltungskompetenz der Lernenden zu steigern, ist ein Wandel im Selbstverständnis der Lehrenden. Lernende müssen in ihrem individuellen Lernpfad unterstützt werden und hierfür eine Vielfalt an Methoden und Werkzeugen kennenlernen können. So können sie herausfinden, welche Methoden am besten zu ihnen passen. Die dafür notwendigen Veränderungen im Bildungsprozess benötigen Gestaltungsfreiheit für die Lehrenden und Unterstützung durch Fort- und Weiterbildung, damit sie sich die nötigen Fähigkeiten bei Bedarf aneignen können. Je mehr Lernende dazu befähigt werden, flexibel und selbstgesteuert zu lernen, desto größer ist die Chance, dass sie auch in Krisen ihren persönlichen Lernprozess aufrechterhalten können (Martin und Furiv 2022).

Die Notwendigkeit der individuellen Lernbegleitung und Stärkung der Selbständigkeit hat schon Wilhelm von Humboldt Anfang des 19. Jahrhunderts unterstrichen (Humboldt 2002). Digitale Medien sind grundsätzlich gut geeignet, die Lernenden bei ihrem individuellen Lernweg zu unterstützen.

Dabei eröffnen neue technische Möglichkeiten auch neue Lernmöglichkeiten. Ein interessantes Beispiel hierfür ist das Flipped Classroom-Modell, das vielfältig in der Lehre eingesetzt werden kann (Wolf et al. 2018). Hierbei erarbeiten sich die Lernen-

den grundlegende Inhalte über Videos oder andere Medien selbstständig und asynchron. Während der Unterrichtszeit (in Präsenz oder verteilt) können die Lehrenden bei der Erarbeitung von erweiterten Aufgaben und der Vertiefung der Kompetenzen individuell unterstützen.

Bildung kann dem Individuum helfen, resilienter zu werden. Dies gilt besonders dann, wenn der Lernprozess weniger auf die Ansammlung von Fakten abhebt, sondern auch Kommunikation, Kollaboration und kreative Problemlösungen ermöglicht. So können beispielsweise Aspekte der Gestaltungskompetenz wie selbständiges Planen und Handeln, Partizipation und die Zusammenarbeit mit anderen durch einen Wechsel von klassischem Frontalunterricht hin zu problembasiertem Lernen (Duch et al. 2001) und einem stärkeren Anwendungsbezug verbessert werden. Dabei müssen die Inhalte nicht ins Hintertreffen geraten. Durch die Verankerung an konkreten Problemen als Ausgangspunkt, mit entsprechender Gestaltungsfreiheit und erhöhter Motivation der Lernenden, wäre dies ein relevanter Ansatz zur Steigerung der Resilienz bei den Lernenden.

Welche Rolle spielt hierbei die Digitalisierung? Bei ihr steht der Aspekt der Individualität im Mittelpunkt. Völlig falsch wäre es, Digitalisierung als Sparmaßnahme zu verstehen, die das Lehren der Technik überlässt. Die Rolle der Lehrenden wandelt sich allerdings und wird von Technik unterstützt. Dabei muss auch die Reduktion der digitalen Spaltung der (Wissens-) Gesellschaft mit bedacht werden, damit technische Maßnahmen, wie beispielsweise die Nutzung von Lernmanagementsystemen, Chatbots oder Apps nicht dazu führt, dass sich Teile der Gesellschaft von Aus- und Weiterbildungen ausgeschlossen fühlen.

Bildung und Digitalität

Die Digitalisierung unserer Gesellschaft ist mehr als nur ein technologischer Prozess. Auch soziale und kulturelle Normen und Prozesse verändern sich. Dazu gehören beispielsweise die Art und Weise wie wir miteinander kommunizieren, wie wir uns präsentieren und wie wir andere wahrnehmen. Auch deshalb muss die Digitalisierung sowohl in der Didaktik als auch in der Pädagogik eine größere Rolle spielen, um Wandel in der Gesellschaft hin zu mehr Resilienz hervorzubringen und auftretende Herausforderungen überwinden zu können:

Flexibilisierung

Die Möglichkeit dezentralisiert zu Lernen, eröffnet die Chance für eine breitere Beteiligung. Lernende können ihren Lernprozess flexibler in den Alltag integrieren, passend zu ihrer eigenen Lebenswirklichkeit. Auch Menschen, die aus unterschiedlichsten Gründen im Präsenzunterricht bisher benachteiligt waren, können durch den Einsatz von Technik unterstützt werden, am Unterricht teilzunehmen. Hierzu ist es nötig, Strukturen aufzubauen, die überall da, wo gelernt werden soll,

niedrigschwellig Systeme zur Verfügung stellen, die Kollaboration in einem datenschutzrechtlich abgesicherten Aufbau zur Verfügung stellen. Zudem muss sichergestellt werden, dass gerade dort, wo starke soziale Unterschiede auftreten, allen Lernenden Hard- und Software sowie persönliche Betreuung im Umgang damit zur Verfügung stehen.

Kollaboration

Große Potentiale der Digitalisierung liegen im Bereich kollaborativen Lernens. Einerseits müssen Tools und Aufgaben zur Verfügung stehen, um zusammenzuarbeiten. Dies beginnt mit dem kollaborativen Erstellen von Texten, kann aber auch weitergehen, etwa hin zur gemeinsamen Erarbeitung komplexer Medien. Andererseits müssen die Lernenden auch darin geschult werden, miteinander zu arbeiten. Dies soll am Beispiel gemeinsamer Texterstellung kurz verdeutlicht werden. Das einfache Aufschreiben der Gedanken mag für Brainstorming-Sessions sinnvoll sein, wird aber kaum zu Struktur führen und Wiederverwendbarkeit erleichtern. Punktuelle oder iterative Abstimmungen bei der Texterarbeitung und ein Blick auf das Schaffen der anderen, ist für Lernende hier essenziell. Ebenso wie einmal das soziale Miteinander im Klassenraum gelernt werden musste, ist dies auch für digital vermitteltes Zusammensein notwendig. Derartige Kollaboration ist auch eine Teilkompetenz von Gestaltungskompetenz (Haan 2008).

Mikro-Zertifikate

Mit Blick auf wandelbarere Lebensläufe und Ausbildungen ist es sinnvoll, vermehrt Mikro-Zertifikate einzuführen. Damit können Lernende auch weniger umfängliche Kompetenzen nachweisen und die Vielfalt von Bildungswegen abbilden. Informelle Lernerfahrungen nachweisbar zu machen, ist hier ebenfalls relevant, um auch Erfahrungen außerhalb formaler und non-formaler Lernsituationen zu integrieren. Ein Weg dahin wird beispielsweise beim Peer Coaching verfolgt, bei dem Lernende wechselseitig die Fähigkeiten mittels sogenannter Knowledge Frameworks abgleichen und einordnen können (Ladyshewsky 2006). Solche Bildungsansätze bergen zwar die Gefahr, aufgrund ihrer Subjektivität weniger verlässlich zu sein, können jedoch sinnvoll ergänzen. Der Nachweis eines Lernerfolgs über die Analyse von Arbeitsergebnissen oder -prozessen mittels künstlicher Intelligenz könnte in Zukunft ein weiterer Weg sein. Voraussetzung ist dabei, dass die eingesetzte KI nachvollziehbar und transparent genutzt werden kann.

Jenseits der Arbeit im Klassenverband oder des Unterrichts für einen kompletten Semesterkurs kann ein stärkerer Individualisierungsgrad mit adaptiven Lernumgebungen und künstlicher Intelligenz erreicht werden. Unter- oder Überforderung kann auf diese Weise durch Berücksichtigung des aktuellen Lernstands und entsprechende Anpassung vermieden werden (OECD 2021a). Dabei sind Aspekte des Datenschutzes

zu berücksichtigen. Die Lernenden müssen die Hoheit über ihre persönlichen Daten behalten und selbst steuern können, wem sie welche Daten wofür zur Verfügung stellen.

Herausforderungen im Bildungssystem

Bildungseinrichtungen – von Schulen über Hochschulen bis hin zu Weiterbildungseinrichtungen – müssen systematisch befähigt werden, die Potentiale der Digitalisierung besser zu nutzen. Dieser Verbesserungsprozess darf nicht nur von einzelnen Lehrenden vorangetrieben werden, sondern muss strukturell angelegt und gestützt werden. Insbesondere das kollaborative Lernen und die Kommunikation innerhalb der Peergroup gilt es, viel stärker als bisher für Lernprozesse zu nutzen.

Notwendige Voraussetzungen sind dafür die Verfügbarkeit von Technik an den Lernorten, sowohl für die Lehrenden als auch für die Lernenden, und zudem – ebenfalls auf beiden Seiten – die Medienkompetenz, die Technik auch pädagogisch sinnvoll und zielführend einzusetzen. Das Tafelbild einer Unterrichtsstunde gewinnt nicht allein dadurch, dass es eine digitale Variante davon gibt.

Für die kommenden Jahre sind bereits einige große Digitalisierungsschritte geplant, dazu zählt vor allem die breite Digitalisierung der Verwaltung im Rahmen des Onlinezugangsgesetzes, deren erste Phase 2022 endet. Für das deutsche Bildungssystem hält das Onlinezugangsgesetz beispielsweise Prozesse wie Schulaufnahme und -zeugnisse, Beantragung von BAföG-Leistungen oder Anerkennung von Studienleistungen bereit (Seckelmann und Brunzel 2021).

Neben der Einführung neuer Konzepte und der Schaffung von Akzeptanz dafür, besteht eine weitere Herausforderung darin, dass für Prüfungsformen Rechtssicherheit nötig ist. Hier bestehen an vielen Stellen bislang noch rechtliche Einschränkungen bei der Digitalisierung (Deimann 2021).

Hinsichtlich einer Dezentralisierung des Unterrichts ist beispielsweise auch die Beachtung der Präsenzpflicht in Schulen und die Aufsichtspflicht für die Minderjährigen relevant, die zwar nicht verbindlich zur gemeinsamen Zeit im Klassenraum verpflichtet, aber immerhin sicherstellt, dass die Kinder betreut und beschult werden. Auch die Einschränkung des sozialen Austauschs muss beachtet werden. Hier muss sichergestellt werden, dass die Pädagogen die gesamte Lerngruppe auch in einer dezentralen Situation ausreichend im Blick haben können, um soziale Isolation einzelner zu vermeiden. Eine Maßnahme wäre, entsprechend kleine Lerngruppen einzurichten und regelmäßige individuelle Rücksprachen sicherzustellen.

Zudem ist der Einsatz technischer Systeme häufig mit Beschränkungen verbunden, die auf den ersten Blick nicht zu erkennen sind aber beachtet werden müssen. Viel diskutiert wird hier zum Beispiel der Bias in Künstlicher Intelligenz, der basierend auf

einer Schieflage zugrunde liegender Daten zur Reproduktion von rassistischen, sexistischen oder anderweitig problematischen Diskriminierungsstrukturen führen kann (Strasser und Niedermayer 2021). Bei der Entwicklung von KI-Systemen ist daher die Berücksichtigung von Transparenz als Anforderung samt den vielfältigen Bedürfnissen der Nutzerinnen und Nutzer zentral.

Technische Systeme bergen darüber hinaus weitere Risiken, die einbezogen werden müssen, wie beispielsweise die starke Abhängigkeit von proprietären Lösungen und die damit verbundenen Kosten für Lizenzen. Dies kann unter anderem durch die Nutzung und eine durch Förderung gestützte Weiterentwicklung und Verbreitung von offener und freier Software umgangen werden. Auch im Sinne der Resilienz der Lernenden ist es sinnvoll, eine Vielfalt an verschiedenen digitalen Werkzeugen kennenzulernen. Das verringert die Abhängigkeit von einzelnen Programmen und erleichtert den Einstieg in die Nutzung von alternativen Tools.

Ein anderes relevantes Risiko ist die große Abhängigkeit von der Funktionsfähigkeit der technischen Systeme, die durch Hacker-Angriffe, Viren oder andere Störungen beeinträchtigt werden kann. Um dem vorzubeugen, ist insbesondere ein technischer Schutz der digitalen Infrastrukturen vorzusehen. Genauso wichtig ist es aber auch, die Nutzenden dazu zu befähigen, Gefahren in der digitalen Welt zu erkennen. Umsetzbare Auswege aus diesen Dilemmata der Digitalisierung zu suchen ist ein relevantes und interessantes Forschungsfeld der kommenden Jahre.

Ein weiterer nicht zu unterschätzender Aspekt ist, dass adaptives Lernen mit Material auf verschiedenen Niveaustufen, multimedial aufbereitet, zu einem hohen Aufwand für die Lehrenden führen kann (Blass und Davis 2003). Grundsätze zur Nutzung von Open Educational Resources (OER) und die Kollaboration unter Lehrenden können hier helfen.

Als hinderlich bei der Weiterentwicklung des Bildungssystems in Richtung Resilienz können sich auch der Abstimmungsbedarf im deutschen Bildungsföderalismus und die elementare Freiheit der Lehre an den Hochschulen erweisen. Doch es führt kein Weg daran vorbei, methodische Modernisierungen in Pädagogik und Didaktik voranzubringen. Hier stellt sich unter anderem die Frage, wie stärkere Anreize zur Weiterbildung von Lehrenden an Schulen, Hochschulen und Weiterbildungseinrichtungen geschaffen werden können, ohne sie vorschreiben zu müssen.

Nächste Schritte

Die Corona-Krise hat zwar den Nachholbedarf des Bildungssystems bei der Digitalisierung offengelegt, zugleich aber auch massiv Weiterentwicklungen befeuert. Gleichwohl geht die Digitalisierung des Bildungssystems noch immer nur schleppend

voran. Es besteht Handlungsbedarf auf vielen Ebenen, um mehr Resilienz im deutschen Bildungssystems zu schaffen:

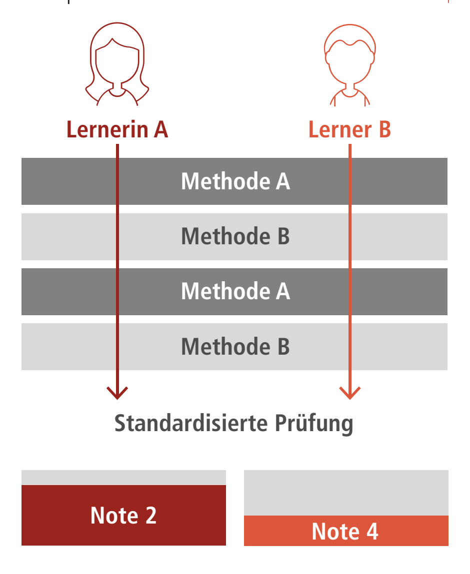
- Flexibilisierung der Lehrformate, um möglichst vielen Lernbedürfnissen gerecht zu werden
- Befähigung der Lernenden, ihren Lernprozess zu reflektieren und zu optimieren
- Stärkung der Praxisorientierung bei den Curricula, mehr fächerübergreifende Projekte
- Verbesserung der Lehramtsaus- und -weiterbildung und der Ausbau von Angeboten für die Lehrenden, sich in digitalen Themen weiterzubilden und diese einzusetzen
- Verbesserung der digitalen Infrastruktur an Schulen, Hochschulen und öffentlichen Weiterbildungseinrichtungen
- Forschung dazu, wie Digitalisierung zum Abbau von Bildungsungerechtigkeit beitragen kann
- Entwicklung von Prüfungsformaten, die über die Bewertung von Wissen hinausgehen und auch 4K-Kompetenzen (Kommunikation, Kollaboration, Kreativität und kritisches Denken) einbeziehen
- Entwicklung digitaler Prüfungsformate zur Dezentralisierung von Lernorten und um flexiblere Prüfungen zu ermöglichen

Die Erfahrungen, die während der Pandemie gemacht werden konnten, sind unschätzbar wertvoll. Darauf aufbauend sind verschiedene Ansätze als nächste Schritte von Bund und Ländern denkbar:

- Der Ausbau methodischer Weiterbildung für alle Lehrenden an Schulen und Hochschulen. Ziel sollte sein, dass die Teilnahme an entsprechenden Weiterbildungen verpflichtend eingeführt wird, damit die Kompetenzen im Umgang mit digitalen Lehr- und Lernmöglichkeiten nicht nur vom individuellen Engagement der Lehrenden abhängig sind. Dieser Ausbau im Bereich Weiterbildung könnte durch infrastrukturelle Förderung unterstützt werden.
- Der Aufbau niedrigschwellig und datenschutzkonform nutzbarer digitaler Kollaborations-Systeme, die Schulen, Hochschulen und Weiterbildungseinrichtungen skalierbar zur Verfügung stehen. Idealerweise begleitet durch Wirkungsanalysen, um deren Entwicklung begleiten und nachsteuern zu können
- Die praxisorientierte Weiterentwicklung von Prüfungsformen unter der Bedingung der Digitalität. In diesem Bereich besteht schon Förderung, die weiter ausgebaut werden sollte.

Traditionelle Prüfungskultur

- Alle Lernende absolvieren den gleichen vorgegebenen Lernpfad
- Der Lernpfad beinhaltet eine geringe Auswahl an Methoden
- Die Bewertung findet zu einem vorgegebenen Zeitpunkt statt



Auf individuelle Lernwege anwendbare Prüfungskultur

- Die Lernenden können einem individuellen Lernpfad folgen
- Die Lernpfade beinhalten viele verschiedene Methoden
- Die Bewertung findet begleitend zum Lernprozess statt

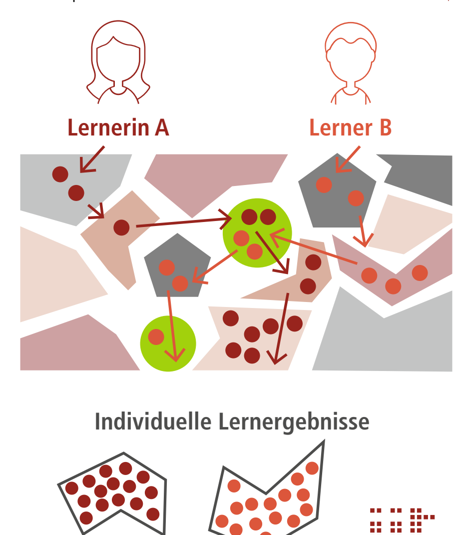


Abb. 13.2 Prüfungskultur. (Quelle: Institut für Innovation und Technik (iit), eigene Darstellung)

- Die weitere Forschung zu mehr Rechtssicherheit für digitale Prüfungen sollte intensiv gefördert werden, um hier den technischen Möglichkeiten Rechnung tragen zu können. Rechtliche Unsicherheiten und Abwägungen führten hier zu Einschränkungen im Verhalten der Hochschulen in der Corona-Krise (Deimann 2021).
- Wie informelle Lernerfahrungen außerhalb klassischer Lernumgebungen besser dokumentiert und für die weitere Qualifizierung genutzt werden können, ist ebenfalls ein wichtiger Forschungs- und Fördergegenstand.

Werden diese Schritte angegangen, können sowohl die Einzelnen als auch die Gesamtgesellschaft von der gesteigerten Resilienz des Bildungssystems profitieren.

Im Zuge der Pandemie ist viel passiert. Viele der Maßnahmen zur Digitalisierung wurden allerdings schon seit vielen Jahren angemahnt. Es gab zwar auch vor Corona Weiterentwicklungen im Bildungsbereich, doch diese hinkten den gesamtgesellschaftlichen Entwicklungen deutlich hinterher. Offenbar bedurfte es einer massiven Krise, damit sich entsprechende Veränderungen im Bildungsalltag Bahn brechen konnten. Die Bildungssysteme scheinen eher resistent als resilient zu sein, so ein Fazit. Angesichts vorliegender gesellschaftlicher Veränderungen ein unerfreulicher Umstand.

Es bleibt also noch viel zu tun. Nicht nur im Bereich der Digitalisierung. Generell müssen unsere Bildungssysteme viel flexibler werden, und dafür brauchen wir eine flächendeckende Haltungsänderung: Weniger Vermitteln von Lernstoff, dafür mehr Vorbereitung auf die bestehenden und zukünftigen Herausforderungen einer globalen und digitalen Gesellschaft.

Literatur

acatech; Joachim Herz Stiftung (2022): MINT Nachwuchsbarometer 2022. Online verfügbar unter https://www.acatech.de/publikation/mint-nachwuchsbarometer-2022/, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

Bertelsmann Stiftung; Deutsche Telekom Stiftung; Education Y e. V.; Global Goals Curriculum e. V.; Siemens Stiftung (2020): OECD Lernkompass 2030. OECD-Projekt Future of Education and Skills 2030 - Rahmenkonzept des Lernens. 1. Aufl. Hrsg. von der OECD.

Blass, Eddie; Davis, Ann (2003): Building on solid foundations: establishing criteria for e-learning development. In: Journal of Further and Higher Education 27 (3), S. 227–245. https://doi.org/10.1080/0309877032000098662.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (2022): Die Finanzen im DigitalPakt Schule. Online verfügbar unter https://www.digitalpaktschule.de/de/die-finanzen-im-digitalpakt-schule-1763.html, zuletzt geprüft am 25.04.2022.

Deimann, Markus (2021): Die Rolle intermediärer Hochschuleinrichtungen bei der Bewältigung der Corona-Krise. Eine Studie der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Arbeitspapier Nr. 60. Berlin. Online verfügbar unter https://hochschulforumdigitalisierung.de/de/news/die-rolle-intermedi%C3%A4rer-hochschuleinrichtungen-bei-bew%C3%A4ltigung-der-corona-krise-neues, zuletzt geprüft am 20.06.2022.

Duch, Barbara J.; Groh, Susan E.; Allen, Deborah E. (Hrsg.) (2001): The power of problem-based learning. A practical "how to" for teaching undergraduate courses in any discipline. 1st ed. Sterling, Va.: Stylus Pub.

Gesellschaft für Medienpädagogik und Kommunikationskultur (GMK) (o. J.): Über die GMK. Online verfügbar unter https://www.gmk-net.de/ueber-die-gmk/, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

Haan, Gerhard de (2008): Gestaltungskompetenz als Kompetenzkonzept der Bildung für nachhaltige Entwicklung. In: Inka Bormann und Gerhard de Haan (Hrsg.): Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung. Operationalisierung, Messung, Rahmenbedingungen, Befunde. 1. Aufl. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 23–43.

Humboldt, Wilhelm von (2002): Über die mit dem Königsbergischen Schulwesen vorzunehmenden Reformen. In: Andreas Flitner (Hrsg.): Schriften zur Politik und zum Bildungswesen, Bd. 4. Unter Mitarbeit von Klaus Giel. Darmstadt, S. 168–187.

IPBES (Hrsg.) (2019): Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger des globalen Assessments der biologischen Vielfalt und Ökosystemleistungen der Zwischenstaatlichen Plattform für Biodiversität und Ökosystemleistungen. Bonn. Online verfügbar unter https://zenodo.org/record/5502690/files/IPBES-Bericht_DE_2020_PH10.pdf?download=1, zuletzt geprüft am 02.05.2022.

Klein, Esther Dominique (2021): Nicht nur eine Frage der Ausstattung. Chancengerechtigkeit im Kontext der Digitalisierung als gemeinsame Entwicklungsaufgabe von Schulen und Bildungsverwaltung. In: Plan BD (3), S. 12–15. Online verfügbar unter https://www.forumbd.de/publikationen/plan-bd-fast-forward/, zuletzt geprüft am 25.04.2022.

Köpcke, Monika (2016): Gründung der Initiative "Schulen ans Netz". Deutschlandfunk. Online verfügbar unter https://www.deutschlandfunk.de/internet-fuer-alle-gruendung-der-initiative-schulen-ans-netz-100.html, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

Krommer, Axel (2019): Paradigmen und palliative Didaktik. Oder: Wie Medien Wissen und Lernen prägen. In: A. Krommer, M. Lindner, D. Mihaljović, J. Muuß-Merholz & P. Wampfler (Hrsg.), Routenplaner# DigitaleBildung. Auf dem Weg zu zeitgemäßem Lernen. Eine Orientierungshilfe im digitalen Wandel, S. 81–100.

Ladyshewsky, Richard K. (2006): Peer coaching: a constructivist methodology for enhancing critical thinking in postgraduate business education. In: Higher Education Research & Development 25 (1), S. 67–84. https://doi.org/10.1080/13600800500453196.

Martin, Michaela; Furiv, Uliana (2022): Flexible admission to higher education under COVID-19: What can the past teach us about the future? | IIEP-UNESCO Education 4 Resilience. IIEP-UNESCO. Online verfügbar unter https://education4resilience.iiep.unesco.org/en/news/2020-2020-11/flexible-admission-higher-education-under-covid-19-what-can-past-teach-us-about, zuletzt aktualisiert am 20.04.2022, zuletzt geprüft am 25.04.2022.

Monitor Lehrerbildung (2021): Lehrkräfte vom ersten Semester an für die digitale Welt qualifizieren. Policy Brief November 2021. Unter Mitarbeit von Bianca Brinkmann, Ulrich Müller, Annika Reketat, Melanie Rischke und David Siekmann. Online verfügbar unter https://2020.monitor-lehrerbildung.de/export/sites/default/.content/Downloads/Monitor-Lehrerbildung_Digitale-Welt_Policy-Brief-2021.pdf, zuletzt geprüft am 20.06.2022.

OECD (2021a): OECD Digital Education Outlook 2021. Pushing the frontiers with artificial intelligence, blockchain and robots. Paris: OECD Publishing (OECD Digital Education Outlook).

OECD (2021b): The State of Global Education. OECD Publishing. Paris. Online verfügbar unter https://doi.org/10.1787/1a23bb23-en, zuletzt geprüft am 28.04.2022.

Pfiffner, Manfred; Sterel, Saskia; Hassler, Dominic (2021): 4K und digitale Kompetenzen. Chancen und Herausforderungen. 1. Auflage. Bern: hep verlag (4K kompakt, Band 1).

Pörtner, Hans O.; Roberts, Debra C.; Adams, Helen; Adler, Carolina; Aldunce, Paulina; Ali, Elham et al (2022): Climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability.

pruefungskultur.de (o. J.): Prüfungen prägen die Lernkultur. Online verfügbar unter https://pruefungskultur.de/#vision, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

Schulen ans Netz e. V. (2006): Nach zehn Jahren "Schulen ans Netz" ist Internet im Klassenzimmer Standard. Hrsg. von bildungsklick, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

Seckelmann, Margrit; Brunzel, Marco (Hrsg.) (2021): Handbuch Onlinezugangsgesetz. Potenziale - Synergien - Herausforderungen. 1. Aufl. 2021. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Spiegel, Der (2019): OECD-Experte über deutsches Schulsystem: "Lehrer wie Fließbandarbeiter behandelt". In: DER SPIEGEL, 01.01.2019. Online verfügbar unter https://www.spiegel.de/lebenundlernen/schule/oecd-andreas-schleicher-kritisiert-deutschlands-lehrer-und-das-system-a-1246012.html, zuletzt geprüft am 25.04.2022.

Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2016): Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz. Berlin. Online verfügbar unter https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2017/Strategie_neu_2017_datum_1.pdf, zuletzt geprüft am 20.06.2022.

Strasser, Katrin; Niedermayer, Bernhard (2021): Unvoreingenommenheit von Künstliche-Intelligenz-Systemen. Die Rolle von Datenqualität und Bias für den verantwortungsvollen Einsatz von künstlicher Intelligenz. In: Reinhard Altenburger und René Schmidpeter (Hrsg.): CSR und Künstliche Intelligenz. 1. Aufl. 2021. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg (Management-Reihe Corporate Social Responsibility).

Verband Bildung und Erziehung (31.03.2022): Politik verschleiert abermals Realität: Bis 2035 fehlen bis zu 158.000 Lehrkräfte! VBE veröffentlicht Studie zu Lehrkräftebedarf und -angebot bis 2035. Berlin. Online verfügbar unter https://www.vbe.de/presse/pressedienste/pressedienste-2022/politik-verschleiert-abermals-realitaet-bis-2035-fehlen-bis-zu-158000-lehrkraefte, zuletzt geprüft am 25.04.2022.

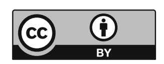
wissensschule.de (2021): 5 Fragen – 5 Antworten "Schule_digital" mit Mirko Sigloch - wissensschule.de. Online verfügbar unter https://www.wissensschule.de/5-fragen-5-antworten-schule_digital-mit-mirko-sigloch/, zuletzt aktualisiert am 17.02.2021, zuletzt geprüft am 25.04.2022.

Woessmann, Ludger (2020): Folgekosten ausbleibenden Lernens. Was wir über die Corona-bedingten Schulschließungen aus der Forschung lernen können. In: Ifo-Schnelldienst. Online verfügbar unter http://www.ifo.de/DocDL/sd-2020-06-woessmann-corona-schulschliessungen.pdf, zuletzt geprüft am 20.06.2022.

Wolf, Alexander; Wilhelm-Weidner, Arno; Nestmann, Uwe (2018): A case study of flipped classroom for automata theory in secondary education. In: Andreas Mühling und Quintin Cutts (Hrsg.): Proceedings of the 13th Workshop in Primary and Secondary Computing Education. WiPSCE '18: Workshop in Primary and Secondary Computing Education.

Potsdam Germany, 04 10 2018 06 10 2018. Association for Computing Machinery-Digital Library. New York, NY: ACM (ACM Other conferences), S. 1–6.

Ziegler, Peter-Michael (2007): Telekom zieht sich aus "Schulen ans Netz" zurück. Hrsg. von heise online. Online verfügbar unter https://www.heise.de/newsticker/meldung/Telekom-zieht-sich-aus-Schulen-ans-Netz-zurueck-170103.html, zuletzt geprüft am 15.06.2022.



Autor:innen-Verzeichnis

Dr. Frauke Bierau-Delpont

Frauke Bierau-Delpont studierte Physik an der Freien Universität Berlin mit dem Schwerpunkt Photovoltaik und promovierte am Fritz-Haber-Institut zu Berlin über die Struktur kalter biomolekularer Ionen. Seit Juni 2012 ist sie als Wissenschaftliche Beraterin im Bereich „Mobilität, Energie und Zukunftstechnologien" der VDI/VDE-IT in nationalen und europäischen Projekten zur Verkehrs- und Energiewende mit dem Fokus auf Elektromobilität und Batterietechnologie tätig. Darüber hinaus unterstützt Frauke Bierau-Delpont die Klimaschutzplattform Chemistry4Climate als Projektmanagerin bei der Erarbeitung einer Roadmap zur Transformation der Chemieindustrie.

Kai Börner

Kai Börner erhielt seinen Abschluss in Elektrotechnik der Technischen Universität Berlin im Jahr 2009. Von 2009 bis 2015 war er wissenschaftlicher Mitarbeiter des Fraunhofer Heinrich-Hertz-Instituts. Zu den Forschungsgebieten gehörten verteilte Antennensysteme, energieeffiziente zellulare Netze und Kanalmodellierung. Darüber hinaus hat er Beitrage zur Standardisierungsgremium „3rd Generation Partnership Project" (3GPP) geleistet. Seit 2015 ist Börner als Berater in der VDI/VDE-IT tätig, seit 2021 als Senior Berater und Projektleitung für die Themenschwerpunkte zukünftige Kommunikationssysteme und 6G zuständig.

Claudia Martina Buhl

Claudia Buhl ist Politikwissenschaftlerin und seit 2007 bei der VDI/VDE-IT beschäftigt. Sie ist stellvertretende Leiterin des Bereiches „Demografie, Cluster und Zukunftsforschung" und verantwortet in diesem Bereich zudem die Gruppe „Regionale Entwicklung und Kooperationsmodelle". Frau Buhl ist Expertin für die Entwicklung von urbanen und ländlichen Räumen, von strukturstarken, strukturschwachen und im Strukturwandel befindlichen Regionen sowie für Cluster-/Netzwerkentwicklung, Professionalisierung von Cluster-/Netzwerkmanagement-Organisationen und Cluster-/Netzwerkpolitik.

V. Wittphal, *Resilienz*, https://doi.org/10.1007/978-3-662-66057-7

Dr. Anne Busch-Heizmann

Anne Busch-Heizmann ist promovierte Soziologin und seit 2020 in der VDI/VDE-IT tätig. Hier übernahm sie unter anderem die Projektleitung eines vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) geförderten Projekts zu Fallstudien zu den Auswirkungen der Corona-Krise auf betriebliche Transformationsprozesse (Begleitforschung zur Arbeitsweltberichterstattung). Die inhaltlichen Schwerpunkte ihrer Tätigkeit umfassen Arbeits-, Berufs- und Organisationssoziologie, Arbeitspsychologie, Arbeit 4.0 und Pflege 4.0 sowie quantitative und qualitative Methoden der empirischen Sozialforschung. Sie verfügt über langjährige Erfahrung in Forschung und Lehre an Forschungsinstituten und Universitäten, zuletzt als Professorin für Soziologie an der Universität Duisburg-Essen.

Dr. Niklas Creemers

Dr. Niklas Creemers ist seit 2021 bei der VDI/VDE-IT im Bereich „Gesellschaft und Innovation" als wissenschaftlicher Berater tätig. Er befasst sich vor allem mit der Entwicklung und Umsetzung von Innovationsstrategien im Themenfeld Sozialer Innovationen. Zuvor war er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Deutschen Institut für Urbanistik (Difu) sowie am Zentrum Technik und Gesellschaft (ZTG) der Technischen Universität Berlin (TUB). Hier hat er in verschiedenen EU- und BMBF-Projekten Fragestellungen der Stadt-, Sicherheits- und Technikforschung bearbeitet.

Dr. Stefanie Demirci

Dr. Stefanie Demirci ist promovierte Diplom-Informatikerin und ausgewiesene Expertin im Bereich der computergestützten Medizin und bildgebenden Verfahren. Seit 2018 ist sie bei der VDI/VDE-IT als wissenschaftliche Beraterin tätig und verantwortet seit 2022 stellvertretend den Bereich „Technologien des digitalen Wandels" in der Geschäftsstelle München. Als Digital Health Expertin ist sie in Gutachtertätigkeiten und Begleitforschungen für Bundes- und Landesministerien sowie in regionale Zukunfts- und Innovationsstudien involviert.

Dr. Melanie Erckrath

Dr. Melanie Erckrath promovierte nach ihrem Studium der Erziehungswissenschaften an der Freien Universität Berlin zur Qualifizierung und Auswahl schulischer Führungskräfte. Hier forschte sie in einem Drittmittelprojekt und lehrte zu den Themen des Bildungsmanagements, der Schule und Weiterbildung. Für das Institut für Innovation und Technik (iit) ist Melanie Erckrath seit 2020 tätig und arbeitet zu Themen wie dem wissenschaftlichen Nachwuchs und Weiterbildung sowie in agilen Projektformaten an der Schnittstelle von Wissenschaft, Verwaltung und Politik.

Dr. Felix P. Frey

Dr. Felix P. Frey hat in Agrarbiologie promoviert und sich mit grundlegenden und angewandten Aspekten der Nutzpflanzengenetik und -genomik beschäftigt, wobei stets die Anpassung an den Klimawandel eine herausragende Rolle spielte. Daneben hat er im Bereich der Nutzpflanzenbiodiversität für den Global Crop Diversity Trust mehrere globale Nutzpflanzen-Konservierungsstrategien miterarbeitet. Seit 2021 ist Dr. Felix P. Frey als wissenschaftlicher Berater in der VDI/VDE-IT verantwortlich für die Themen Biodiversität und grüne Biotechnologie.

Lorenz Hornbostel

Lorenz Hornbostel studierte Politikwissenschaften an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster und am Trinity College Dublin. Anschließend absolvierte Hornbostel ein Volontariat bei der Agentur Scholz & Friends und war mehrere Jahre als PR-Referent in der Abteilung Öffentlichkeitsarbeit der VDI/VDE-IT GmbH tätig, wo er u. a. verschiedene Projektträgerschaften des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) begleitete. Seit 2017 ist Hornbostel Berater für Strategie und Innovation am Institut für Innovation und Technik (iit).

Dr. Jochen Kerbusch

Dr. Jochen Kerbusch ist Diplom-Physiker und seit März 2015 in der VDI/VDE-IT im Bereich „Elektronik- und Mikrosysteme" als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig. Er berät hauptsächlich das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) bei der Organisation von Fördermaßnahmen im Bereich der Elektronik mit Fokus auf KMU-Förderung und Grundlagenthemen. Seine thematischen Schwerpunkte liegen im Bereich Sensorik, Mikroelektronik, Mikrosystemtechnik und Halbleiterfertigung, mit einem besonderen Fokus auf Nachhaltigkeit. Seit Ende 2019 ist er Mitglied im Fachausschuss 4.3 „Energieautonome Sensorsysteme" in der VDE/GMM.

Dr. Andrea Kölbel

Als Sozial- und Wirtschaftswissenschaftlerin forscht Dr. Andrea Kölbel insbesondere zu Innovations- und Transformationsprozessen in Bildung und Wissenschaft. Sie promovierte im Fach Humangeographie an der Universität Oxford zu Bildungsgerechtigkeit und Mobilität und schloss einen MBA an der Central European University in Budapest ab. Für das Institut für Innovation und Technik (iit) ist Andrea Kölbel seit 2018 tätig und verantwortet Projekte u. a. zur Forschung und Beratung zur Krisenbewältigung.

Roman Korzynietz

Roman Korzynietz ist Diplom-Ingenieur für Maschinenbau – Erneuerbare Energien. Er arbeitet als Senior Berater am Institut für Innovation und Technik (iit). Die Schwerpunkte seiner Arbeit liegen in der Koordination, Förderung, Analyse und dem internationalen Benchmarking von innovativen und nachhaltigen Lösungen für das Energiesystem, die Digitalisierung und die Elektromobilität, unter anderem in den nationalen und internationalen Projekten ETIP Batteries Europe, LiPLANET, IPCEI Batteriezellfertigung oder der Projektträgerschaft Erneuerbar Mobil. Zuvor war er über zehn Jahre in Spanien für die internationale kommerzielle Entwicklung sowie Forschung und Entwicklung solarthermischer Kraftwerke verantwortlich.

Dr. Stefan Krabel

Stefan Krabel ist promovierter Volkswirt und seit 2013 in der VDI/VDE-IT tätig. Die fachlichen Schwerpunkte seiner Arbeit liegen in der Arbeits- und Innovationsökonomik, aktuell ist er in verschiedenen Projekten mit Bezug zu Datenkompetenzen und -infrastrukturen tätig. In den letzten Jahren hat Herr Dr. Krabel u. a. Branchen- und Arbeitsmarktstudien sowie den „Bundesbericht Wissenschaftlicher Nachwuchs 2021“ mitverfasst. Er verfügt zudem über langjährige Erfahrung in der empirischen Wirtschaftsforschung sowie der Wissenschafts- und Hochschulforschung.

Cristina Krahl Perez

Cristina Krahl Perez hat während ihres Studiums der Agrarwissenschaften und Nutzpflanzenwissenschaften den Schwerpunkt auf die Entomologie gelegt und sich im Anschluss verschiedenen Forschungsprojekten in der Industrie gewidmet. Seit 2021 ist sie als wissenschaftliche Beraterin im Bereich „Kommunikationssysteme, Mensch-Technik-Interaktion und Gesundheit“ in der VDI/VDE-IT tätig und für den Themenkomplex Biodiversität verantwortlich.

Dr. Dimitar Kroushkov

Dimitar Kroushkov erhielt seinen Abschluss als Diplom-Mathematiker an der Freien Universität Berlin. Anschließend arbeitete er als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen Universität Berlin im Bereich der optischen Nachrichtentechnik. Schwerpunkte der Forschungsarbeiten, die auch in seine Promotion Einzug fanden, umfassten Untersuchungen zur Modellierung und Vorhersage des Einflusses nichtlinearer Effekte auf die Datenübertragung in faseroptischen Kommunikationssystemen. In der Wirtschaft hat er in Projekten mit europäischen Partnern Themen zu optischer Datenübertragung und faseroptischen Netzen bearbeitet. Seit 2015 ist er bei VDI/VDE-IT als Berater tätig, seit 2021 als Senior Berater und Projektleitung für die Themenschwerpunkte zukünftige Kommunikationssysteme und 6G.

Dr. Lukas Lehning

Dr. Lukas Lehning ist seit 2020 bei der VDI/VDE-IT im Bereich „Gesellschaft und Innovation" als wissenschaftlicher Berater tätig. Er befasst sich vor allem mit dem Monitoring digitalpolitisch relevanter Themen und Entwicklungen. Zudem ist er in der Projektbetreuung im Bereich von Datentreuhandmodellen sowie Projekten zu interdisziplinären Perspektiven des gesellschaftlichen und technologischen Wandels tätig. Zuvor hat er als Stipendiat der Heinrich-Böll-Stiftung zum Thema Digitale Kommunikation aus der Perspektive des Sozialbehaviorismus promoviert.

Maxie Lutze

Maxie Lutze studierte Informatik und Human Factors. Sie leitet die Gruppe „Demografischer und Sozio-digitaler Wandel" in der VDI/VDE-IT. Zuvor arbeitete sie in der Entwicklungszusammenarbeit und forschte als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Korean German Institute of Technology in Südkorea zu digitalen Lernkonzepten und Internationalisierung. Bei der Beschäftigung mit Innovationssystemen und Implikationen der Digitalisierung liegt ihr Fokus heute auf der Untersuchung von Pflegeinnovationen. Hier leitet sie Studien und berät Ministerien, Stiftungen und Pflegeverbände. Bei der Gestaltung von Innovationsförderung gilt ihr Interesse der Entwicklung von Förder- und Partizipationsformaten.

Jan-Ole Malchow

Jan-Ole Malchow sammelte umfangreiche Erfahrung als Softwareentwickler, bevor er sich in Richtung IT-Sicherheitsforschung orientierte. Er ist Fachinformatiker und verfügt über einen Master in Informatik. Nach dem Studium der Informatik mit einem Schwerpunkt auf IT-Sicherheit in Hamburg und Berlin war er langjähriger wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Freien Universität Berlin. Im Rahmen dieser Tätigkeit beschäftigte er sich mit unterschiedlichen Aspekten der IT-Sicherheit. Parallel zu dieser Tätigkeit war er Mitgründer eines Beratungsunternehmens für Industrial IT-Security. Seit 2018 ist er in der VDI/VDE-IT als Berater tätig, seit 2021 als Senior Berater und Projektleiter, mit den Themenschwerpunkten IT-Sicherheit und Privatheit.

Dr. Martin Martens

Martin Martens studierte Physik an der Technischen Universität Berlin. Anschließend promovierte er am Institut für Festkörperphysik der Technischen Universität Berlin mit dem Forschungsschwerpunkt Entwicklung halbleiterbasierter Lichtemitter. Seit 2017 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich „Mobilität, Energie und Zukunftstechnologien" bei der VDI/VDE-IT. Derzeit beschäftigt er sich im Rahmen verschiedener Projektträgerschaften des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV) und des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) vorrangig mit den Themen urbane Mobilität, Digitalisierung und Automatisierung im Verkehrsbereich sowie Elektromobilität.

Dr.-Ing. Rainer Moorfeld

Rainer Moorfeld promovierte nach seinem Studium der Elektrotechnik an der TU Dresden im Themenfeld der theoretischen Nachrichtentechnik. Hier forschte er in DFG- und EU-Projekten zu ultrabreitbandigen, drahtlosen Kommunikationssystemen. Heute arbeitet er als Senior Berater in der VDI/VDE-IT. Die Schwerpunkte seiner Arbeit liegen in der Koordination, Förderung, Analyse und in der Entwicklung und Identifikation neuer Forschungsschwerpunkte im Themenfeld zukünftiger und neuartiger Kommunikationssysteme wie 5G und 6G unter anderem in den Projektträgerschaften IT-Sicherheit und Kommunikationssysteme, Elektronik und autonomes Fahren, Supercomputing, IPCEI Mikroelektronik und Kommunikationssysteme sowie dem 5G Innovationsprogramm.

Dr. Marius Müller

Marius Müller studierte Wirtschaftsinformatik und Human Computer Interaction. Seine Dissertation widmete er der digitalen Transformation des Gesundheitswesens und untersuchte die Auswirkungen des Technologieeinsatzes auf Prozesse, Beziehungen und Individuen. Seit 2021 ist er wissenschaftlicher Berater in der VDI/VDE-IT und arbeitet vorrangig im Rahmen der Projektträgerschaft Mensch-Technik-Interaktion. Seine Schwerpunkte liegen auf digitalen Transformationsprozessen und damit einhergehenden Akzeptanz- und Gestaltungsfragestellungen.

Dr. Claudia Ritter

Claudia Ritter ist seit 2007 in der VDI/VDE-IT beschäftigt. Sie ist stellvertretende Leiterin des Bereiches „Innovation und Kooperation“ und leitet dort die Gruppe „Transfer und agile Förderpraxis“. Als promovierte Chemikerin verfügt sie über hohe Expertise in den Themenfeldern Rastersondentechniken, Charakterisierung von Material- und Oberflächeneigenschaften, Ressourceneffizienz. Frau Ritter hat umfangreiche Kompetenzen und Erfahrungen in Aufbau und Leitung von Projektträgerschaften zur Innovations-, Netzwerk- und Regionalförderung (insbesondere ZIM-Netzwerke, IGP, Zukunft Region).

Uwe Rotter

Uwe Rotter beschäftigt sich seit über 20 Jahren mit der Erstellung und Verbreitung von medienpädagogischen Angeboten in verschiedenen Lernstufen. Am Fraunhofer IAO war er Projektleiter in europäischen Vorhaben zur Entwicklung von Lernplattformen für Schulen und Hochschulen. Bei „Schulen ans Netz e. V.“ betreute er unter anderem die Lernplattformen „Lehrer-Online“ und „lo-net“. Im Rahmen seiner Tätigkeit bei der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ entwickelte er digitale Lernangebote für pädagogische Fachkräfte in Kita und Grundschule. Seit 2021 ist er Wissenschaftlicher Berater für Bildungstechnologie in der VDI/VDE-IT.

Rainer Schliep

Rainer Schliep hat nach seinem Studium der Landschaftsplanung kontinuierlich an der Schnittstelle zwischen Biodiversitätsforschung und -politik gearbeitet. In mehreren Forschungsvorhaben untersuchte er u. a. die Governance von Schutzgebieten, erarbeitete Indikatoren zu den Auswirkungen des Klimawandels auf biologische Vielfalt und forschte zuletzt zum Weltbiodiversitätsrat IPBES. Seit 2021 ist Rainer Schliep Senior-Berater der VDI/VDE-IT und dort für den Themenkomplex Biodiversität verantwortlich.

Anne Schmidt

Frau Anne Schmidt ist Logistikingenieurin und seit Oktober 2021 Mitarbeiterin in der Gruppe „Demografischer und Sozio-digitaler Wandel“ des Bereiches „Demografie, Cluster und Zukunftsforschung“ in der VDI/VDE-IT. Sie arbeitet hauptsächlich in der Projektträgerschaft Mensch-Technik-Interaktion des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) mit und unterstützt die Projektleitung bei der Qualitätssicherung, im Monitoring (Datenmanagement, Auswertung und Abbildung über Tableau), in der telefonischen Erstberatung und bei weiteren Aufgaben im Tagesgeschäft.

Dr. Bettina Schmietow

Bettina Schmietow studierte Philosophie und promovierte mit einer Arbeit zu Fragen der Privatheit und des Eigentums an genetischer Information und des menschlichen Körpers im Zuge der digitalen Transformation in den Lebenswissenschaften. Danach war sie als wissenschaftliche Referentin für den Nuffield Council on Bioethics in London und in der Forschung zu Themen der digitalisierten Medizin tätig. Seit 2021 ist sie wissenschaftliche Beraterin in der VDI/VDE-IT und arbeitet vorrangig im Rahmen der Projektträgerschaft Mensch-Technik-Interaktion, insbesondere im Bereich Ethik und Partizipation.

Henry Schweigel

Henry Schweigel ist seit 2018 bei der VDI/VDE-IT im Bereich „Gesellschaft und Innovation“ als wissenschaftlicher Berater tätig. Er befasst sich vor allem mit der Umsetzung und Begleitung von Maßnahmen zur Förderung von Sozialen Innovationen, konkret mit dem BMBF-Programm „Gesellschaft der Ideen“ sowie mit dem Monitoring und der Analyse von disruptiven Innovationen. Aktuell arbeitet er mit Kolleg:innen der Fraunhofer IAO und Fraunhofer IOSB-INA im Auftrag des Bundesinstitutes für Bau- Stadt- und Raumforschung (BBSR) an einer Studie zum Thema „Kommunale Datenkompetenzen“.

Désirée Tillack

Désirée Tillack ist Diplom-Journalistin und seit 2017 Beraterin am Institut für Innovation und Technik (iit), nachdem sie sechs Jahre lang als Referentin in der Abteilung Öffentlichkeitsarbeit der VDI/VDE-IT PR-Aktivitäten und Veranstaltungen vor allem im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) konzipiert und umgesetzt hat. Zuvor arbeitete Désirée Tillack bei Turner Broadcasting System Deutschland (u. a. für CNN International), nachdem sie als freie Journalistin für verschiedene Zeitungen und Rundfunkanstalten tätig gewesen war.

Dr. Leo Wangler

Leo Wangler ist promovierter Volkswirt und Seniorberater in der VDI/VDE-IT. Dort arbeitet er schwerpunktmäßig zu innovations-, industrie-, und technologiepolitischen Fragestellungen. So berät, evaluiert und forscht er zu innovationspolitischen Maßnahmen auf EU-, Bundes- und Landesebene. Schwerpunkte seiner aktuellen Tätigkeit bilden die Evaluation von Technologieprogrammen, die Beratung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) zu innovationspolitischen und -strategischen Aspekten sowie im Bereich Gründung, Transformation und Nachhaltigkeit. Er leitet das Projekt „Forschungszulagenrechner.de“ und die damit verknüpften Unterstützungsaktivitäten rund um das Thema Forschungszulage.

Dr. Arno Wilhelm-Weidner

Arno Wilhelm-Weidner promovierte nach seinem Studium an der Technischen Universität Berlin zum Einsatz von E-Learning in der Theoretischen Informatik. Er forschte zu unterschiedlichen Themen aus der Didaktik der Informatik. Seit 2020 arbeitet Arno Wilhelm-Weidner als wissenschaftlicher Mitarbeiter für die VDI/VDE-IT im Bereich „Bildung und Wissenschaft“ an Themen rund um Lernen, Bildung und Bildungstechnologien. Er ist stellvertretender Leiter des Projektbüros der Nationalen Bildungsplattform.

Dr. Benjamin Wilsch

Benjamin Wilsch studierte Physik mit dem Schwerpunkt Festkörper-/Halbleiterphysik an der Humboldt Universität zu Berlin sowie an der Freien Universität Berlin. Anschließend promovierte er 2016 an der Universität Grenoble Alpes zum Thema Magnetfeldsensorik für intelligente Stromnetze. Seit 2017 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter der VDI/VDE-IT im Bereich „Mobilität, Energie und Zukunftstechnologien“. Der Schwerpunkt seiner Tätigkeiten liegt im Bereich der Digitalisierung und Automatisierung im Verkehrsbereich, mit dem er sich als Leiter der Projektträgerschaft „Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme“ (BMDV) sowie im Rahmen von EU-Projekten befasst.

Dr. Steffen Wischmann

Dr. Steffen Wischmann promovierte in der verhaltensbasierten Kontrolle von Roboterschwärmen durch rekurrente neuronale Netze. Seit 2013 ist er bei VDI/VDE-IT tätig. Dort leitet er derzeit im Bereich „Gesellschaft und Innovation" die Gruppe Künstliche Intelligenz und Zukunftstechnologien. Seine Arbeitsschwerpunkte liegen in öffentlichen Begleitmaßnahmen zu Technologieprogrammen in den Bereichen KI, Industrie 4.0 und Robotik.

Dr. Nicole Wittenbrink

Dr. Nicole Wittenbrink ist seit 2020 Beraterin im Bereich Gesellschaft und Innovation der VDI/VDE-IT und ist dort unter anderem im Rahmen der Begleitforschung zum Innovationswettbewerb „Künstliche Intelligenz als Treiber für volkswirtschaftlich relevante Ökosysteme" in den Bereichen Projektbegleitung und Kurzstudien aktiv. Sie hat an der TU Berlin Biotechnologie studiert, an der HU Berlin in der Biologie/Immunologie promoviert und an der HU Berlin sowie der Charité Berlin KI-Anwendungen für die personalisierte Medizin/medizinische Diagnostik entwickelt.

Prof. Dr. Volker Wittpahl

Prof. Dr. Volker Wittpahl leitet seit 2016 das Institut für Innovation und Technik (iit) in der VDI/VDE-IT. Nach dem Studium der Mikroelektronik in Deutschland und Singapur sammelte er Industrieerfahrungen in den Bereichen Technologiemarketing sowie Innovationsmanagement von Leistungselektronik für die Automobilbranche im Philips-Konzern. Mit seinem Wechsel zu Philips Design nach Eindhoven in den Niederlanden wurde er einer der Entwicklungsverantwortlichen im konzerneigenen interdisziplinären Think Tank. Dort entwickelte er aus den beobachteten Technologie-, Markt- und soziokulturellen Trends neue Produkte, Dienste und Geschäftsfelder für interne und externe Industriekunden. Seit 2014 ist Volker Wittpahl Professor an der Universität Klaipeda in Litauen und initiiert deutsch-baltische Projekte im Wissenstransfer.

Dr. Stefan Wolf

Stefan Wolf ist promovierter Ingenieur im Forschungsfeld der Energiesystemanalyse. Als Senior Berater der VDI/VDE-IT und als Experte des Instituts für Innovation und Technik (iit) berät er Kund:innen aus dem öffentlichen Sektor und der Industrie zu Innovationsfragen aus den Themenbereichen Energie, Elektromobilität und Batterietechnik im Rahmen von Begleitforschungen, Gutachten und Studien. Zu seinen Aktivitäten gehört die Leitung der wissenschaftlichen Begleitung der IPCEIs zur Batteriezellfertigung. Zudem ist er Teil des Managementteams der ETIP Batteries Europe und engagiert sich in leitender Funktion in verschiedenen Arbeitsgruppen der EU Netzwerke EPoSS und BEPA.